

# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES



## Trabajo Fin de Grado

“Diseño, cálculo, fabricación y evaluación de la conformidad (Marcado CE) de una cisterna destinada al transporte de bebidas alcohólicas acogida al Acuerdo Europeo sobre el Transporte de Mercancías peligrosas por Carretera (ADR 2013)”

TUTORES:

Federico López-Cerón de Lara

Isidoro José Martínez Mateo

Departamento de Ingeniería  
de Materiales y Fabricación

UPCT

AUTOR:

José Pérez Ríos

Grado en Ingeniería Industrial  
Mecánica

2014

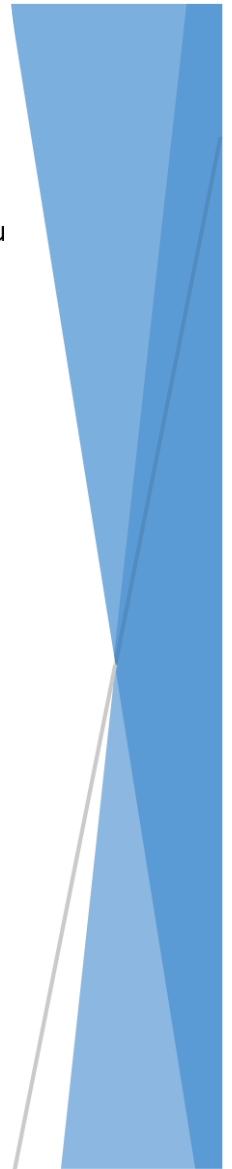
## Agradecimientos

A mi familia, en especial a mis padres, que con su ejemplo de esfuerzo, humildad, amor, honradez, etc., han sido para mí un constante apoyo durante estos años.

A mi pareja, por quererme, acompañarme y esperarme pacientemente en este trayecto haciendo lo imposible para que no me desanimara en los momentos más duros.

A mis compañeros de clase, por compartir ideas, consejos, risas, apuntes, horas de estudio y un largo etcétera.

A mis profesores de universidad, en especial a mis tutores, por su ayuda y a la vez estimulante labor durante toda la carrera.



# ÍNDICE GENERAL

<b>Índice General</b> .....	3
<b>Índice de Figuras</b> .....	7
<b>Índice de tablas</b> .....	9
<b>I.-MEMORIA</b> .....	10
I.1.-Objeto .....	10
I.1.1.-Alcance .....	10
I.2.-Normativa .....	10
I.3.-Definiciones .....	12
I.4.-Caracterización de la cisterna .....	14
I.4.1.-Diseño del depósito .....	14
I.4.1.1.-Productos a contener .....	14
I.4.1.2.-Tipo de depósito .....	21
I.4.1.3.-Especificaciones del depósito .....	22
I.4.1.4.-Estructura y elementos del depósito .....	23
I.4.2.-Equipos de servicio .....	28
I.4.2.1.-Memoria. Generalidades .....	28
I.4.2.2.-Bocas de hombre .....	28
I.4.2.3.-Sistemas de carga y descarga .....	29
I.4.2.4.-Seguridades .....	31
I.4.2.5.-Componentes auxiliares .....	31
I.4.2.6.-Equipamiento eléctrico .....	31
I.4.2.7.-Electricidad estática .....	31
I.4.3.-Remolque-vehículo .....	42
I.4.3.1.-Conformidad y homologación .....	43
I.5.-Marcado .....	49
I.6.-Equipamiento de la cisterna .....	50
I.6.1.-Dispositivos de enganche del remolque .....	50

I.6.1.1.-Quinta Rueda .....	50
I.6.1.2.-King-Pin .....	54
I.6.2.-Dispositivos de seguridad .....	55
I.6.2.1.-Equipamiento de frenado .....	55
I.6.2.2.-Dispositivo de escape .....	55
I.6.2.3.-Dispositivo de limitación de velocidad .....	55
I.6.2.4.-Equipamiento diverso, equipos de protección personal..	55
I.6.3.-Equipamiento eléctrico .....	56
I.6.3.1.-Canalizaciones .....	56
I.6.3.2.-Desconector de baterías .....	56
I.6.3.2.-Baterías .....	57
I.6.3.3.-Circuitos con alimentación permanente .....	57
I.6.3.4.-Instalación eléctrica en la parte posterior de la cabina de conducción .....	58
I.6.4.-Señalización y alumbrado .....	60
I.6.4.1.-Señalización .....	60
I.6.4.2.-Alumbrado .....	64
<b>II.-CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS .....</b>	<b>65</b>
II.1.-Determinación de paredes, fondos, cierres, aberturas .....	65
II.2.-Grado de llenado .....	67
II.2.1.-Cálculo de densidades .....	67
II.3.-Determinación del esfuerzo en los accesorios de la cisterna .....	68
II.3.1.-Determinación del número y cálculo de durmientes .....	69
II.3.1.1.-Cálculo de fuerzas actuantes y momentos .....	69
II.3.1.1.1.-Diagramas de esfuerzos .....	71
II.3.1.1.2.-Esfuerzos dinámicos .....	74
II.3.1.2.-Sistema de anclaje e izado .....	76
II.3.1.3.-Protecciones y sistema antivuelco .....	76
II.3.1.4.-Cálculo de soldaduras .....	77
II.3.2.-Estabilidad de la cisterna .....	77



II.3.2.1.-Estabilidad lateral .....	77
II.3.2.2.-Estabilidad longitudinal .....	79
II.3.3.-Aislamientos. Justificación .....	81
II.4.-Verificación del diseño mediante el análisis del esfuerzo por elementos finitos .....	81
II.5.-Síntesis de los resultados obtenidos.....	85
<b>III.-PLANOS .....</b>	<b>87</b>
Plano 1.- Conjunto .....	88
Plano 2.- Conjunto cisterna explosionado .....	89
Plano 3.- Conjunto tanque y equipos de servicio .....	90
Plano 4.- Tanque .....	91
Plano 5.- Tabique rompeolas .....	92
Plano 6.- Escalera .....	93
Plano 7.- Cubeta de derrame .....	94
Plano 8.- Protecciones .....	95
Plano 9.- Protección antivuelco .....	96
Plano 10.- Válvula de descarga .....	97
Plano 11.- Boca de hombre .....	98
Plano 12.- Plano de carga y descarga.....	99
Plano 13.- Protección electorstática durante carga y descarga de bebidas alcohólicas.....	100
Plano 14.- Soldadura de virolas.....	101
Plano 15.- Soldaduras fondos del depósito.....	102
Plano 16.- Unión boca de hombre/virola.....	103
Plano 17.- Soldadura rompeolas.....	104
<b>IV.-PROCEDIMIENTOS DE FABRICACIÓN Y SOLDADURA .....</b>	<b>105</b>
IV.1.-Fases de fabricación y montaje .....	105
IV.1.1.-Fabricación del depósito .....	105
IV.1.2.-Unión con el vehículo. Fatigas .....	106
IV.1.3.-Tolerancias de fabricación. Reparación de defectos .....	106

IV.2.-Soldaduras. Procedimientos y técnicas empleadas. Certificación y cualificación. Reparación de los defectos de soldadura .....	106
IV.2.1.-Dispositivos temporales .....	107
IV.2.2.-Cualificación .....	107
IV.2.3.-Inspección y ensayo de las soldaduras .....	108
IV.2.4.-Defectos en la soldadura .....	108
IV.2.5.-Ejemplos de soldaduras .....	108
<b>V.-INSPECCIONES, ENSAYOS Y PRUEBAS .....</b>	<b>112</b>
V.1.-Controles y ensayos .....	112
V.2.-Inspecciones y pruebas .....	113
V.2.1.-Inspección para la aprobación de tipo .....	113
V.2.2.-Inspección inicial .....	113
V.2.3.-Inspección periódica .....	114
V.2.4.-Inspección intermedia .....	114
V.2.5.-Inspecciones extraordinarias .....	114
V.2.6.-Examen de los documentos .....	116
V.3.-Comprobación de las características de diseño. Ensayos no destructivos de las soldaduras .....	116
V.4.-Informe de los ensayos, certificado y marcado .....	116
<b>VI.-DOCUMENTACIÓN Y CERTIFICACIÓN .....</b>	<b>119</b>
<b>VII.-EVALUACIÓN DE RIESGOS DE LA SEGURIDAD Y EL MEDIO AMBIENTE.....</b>	<b>122</b>
VII.1.-Accidentes. Plan de emergencia. Evaluación de riesgos según productos a transportar .....	122
VII.2.-Seguridad de la tripulación. Equipamiento de seguridad. EPIS .....	123
VII.3.-Prevención de riesgos de incendios .....	124
VII.3.1.-Cabina .....	124
VII.3.2.-Depósito de carburantes .....	124
VII.3.3.-Motor .....	124
VII.3.4.-Equipos de extinción de incendios .....	124

VII.4.-Placas y señalización .....	125
VII.5.-Dispositivos. Limitadores de velocidad .....	125
VII.5.1.-Dispositivo de escape .....	125
VII.5.2.-Freno de resistencia del vehículo .....	125
VII.5.3.-Dispositivo de limitación de velocidad .....	125
VII.6.-Conexiones mecánicas/eléctricas. Enganche de remolque. Dispositivos de fijación. Puesta a tierra. Dispositivos de protección posterior del vehículo .....	125
VII.6.1.-Enganche del remolque .....	125
VII.6.2.-Dispositivos de fijación .....	125
VII.6.3.-Puesta a tierra .....	126
VII.6.4.-Dispositivos de protección posterior del vehículo .....	126
<b>VIII.-BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>127</b>
<b>ANEXO I.- CERTIFICADO DE CONFORMIDAD DE PRODUCCIÓN DEL SEMIRREMOLQUE .....</b>	<b>129</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pictograma indicador de peligro (Fácilmente inflamable) .....	20
Figura 2. Etiquetado reglamentario .....	20
Figura 3. Chasis semirremolque 3 ejes .....	23
Figura 4. Equipo auxiliar protegido por barras antivuelco .....	24
Figura 5. Ejemplo de un rompeolas dentro de una cisterna .....	25
Figura 6. Ejemplos de cubeta de derrame .....	26
Figura 7. Disposición típica de un equipo auxiliar protegido por cubetas de derrame ..	27
Figura 8. Equipo auxiliar protegido mediante cajas transversales .....	28
Figura 9. Ejemplo de una boca de hombre .....	29
Figura 10. Ejemplo de colectores de salida .....	30
Figura 11. Transferencia de cargas entre líquidos y sólidos. Según la teoría de la "doble capa", la segunda capa está indicada con signos + en la superficie interna del tubo ....	33
Figura 12. Tipos diferentes de descargas según la geometría de la disposición de los elementos y materiales afectados .....	35

Figura 13. Esquema de instalación de puesta a tierra para un camión cisterna de hidrocarburos líquidos .....	39
Figura 14. Detalle arqueta puesta a tierra .....	39
Figura 15. Diagrama de flujo para aprobación de la cisterna .....	44
Figura 16. Diagrama de flujo para aprobación del vehículo .....	45
Figura 17. Ejemplo de Quinta Rueda .....	51
Figura 18. Quinta rueda sobre carro desplazable .....	51
Figura 19. Esquema de los radios a tener en cuenta del semirremolque .....	53
Figura 20. Esquema desplazamiento de la quinta rueda .....	53
Figura 21. Ejemplos de King-Pin .....	54
Figura 22. Ejemplos de protección de canalizaciones eléctricas .....	59
Figura 23. Esquema de situación de los paneles naranja .....	61
Figura 24. Panel Naranja de la mercancía peligrosa “Bebidas Alcohólicas” .....	62
Figura 25. Esquema de situación de las placas-etiquetas .....	62
Figura 26. Placa-etiqueta de peligro por inflamabilidad .....	65
Figura 27. Etiqueta de Materia peligrosa para el medio ambiente .....	64
Figura 28. Simplificación de la carga sobre barra biapoyada .....	70
Figura 29. Barra biapoyada acotada .....	70
Figura 30. Diagrama de Esfuerzos Cortantes .....	72
Figura 31. Diagrama de Momentos Flectores .....	72
Figura 32. Diagrama de Esfuerzos Cortantes MEFI .....	73
Figura 33. Diagrama de Momentos Flectores MEFI .....	74
Figura 34. Parámetros a tener en cuenta en el cálculo de estabilidad lateral .....	79
Figura 35. Parámetros a tener en cuenta en el cálculo de estabilidad longitudinal .....	80
Figura 36. Mallado de cisterna .....	82
Figura 37. Detalle del mallado .....	83
Figura 38. Fuerza aplicada en los apoyos .....	83
Figura 39. Resultado del análisis por elementos finitos .....	84
Figura 40. Detalle de la sección más solicitada del análisis por elementos finitos .....	84

Figura 41. Factor de seguridad del estudio .....	85
Figura 42. Detalle de soldadura típica para la unión de virolas .....	109
Figura 43. Detalle soldadura en rompeolas y mamparas .....	110
Figura 44. Detalle soldadura de boca de hombre .....	111
Figura 45. Detalle soldadura en fondo soldado a tope .....	111
Figura 46. Certificado de conformidad .....	121
Figura 47. Certificado de conformidad de producción de SEMIRREMOLQUES ROJO S.L.....	130

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades del material AISI 316-L .....	22
Tabla 2. Tabla de Presiones .....	22
Tabla 3. Velocidades máximas de llenado para impedir la acumulación de cargas para distintos diámetros de tuberías .....	36
Tabla 4. Resumen de precauciones a adoptar para impedir la acumulación de cargas en función de las características del líquido .....	42
Tabla 5. Ficha reducida. Remolque especial 1 .....	46
Tabla 6. Ficha reducida. Remolque especial 2 .....	47
Tabla 7. Ficha reducida para vehículos de la categoría O2, O3 y O4-1 .....	48
Tabla 8. Ficha reducida para vehículos de la categoría O2, O3 y O4-2 .....	49
Tabla 9. Placa de identificación .....	60
Tabla 10. Espesores mínimos de depósitos según material y diámetros .....	67
Tabla 11. Propiedades del mallado .....	81
Tabla 12. Síntesis de resultados .....	85
Tabla 13. Información que debe llevar la cisterna fija y desmontable .....	117
Tabla 14. Contenido del marcado de la placa de la cisterna .....	118
Tabla 15. Indicaciones adicionales sobre las características del peligro de las mercancías peligrosas por clase y sobre las acciones a realizar en función de las circunstancias predominantes .....	123
Tabla 16. Disposiciones mínimas para los extintores de incendio .....	124

# I.-MEMORIA

## I.1.- Objeto

### I.1.1.- Alcance

El siguiente proyecto tiene como objetivo diseñar una cisterna que transportará por carretera una mercancía peligrosa así como el proceso de fabricación y realizar la evaluación de conformidad, siendo esta mercancía peligrosa la nºONU 3065 bebidas alcohólicas (etanol y agua) y siguiendo en todo momento las especificaciones del acuerdo europeo sobre el transporte de mercancías peligrosas por carretera (ADR).

Aunque en el presente proyecto nos centremos en el producto escogido (bebidas alcohólicas), el diseño final será válido para transportar productos similares, siendo este contenedor cisterna limpiado correctamente antes del cambio de uso. Cabe destacar que un contenedor cisterna como este, destinado al transporte de mercancías peligrosas, no suele conocer más de dos o tres productos a lo largo de su vida útil.

Las **mercancías peligrosas** son materias u objetos que presentan riesgo para la salud, para la seguridad o que pueden producir daños en el medio ambiente, en las propiedades o a las personas. Por esto el Transporte de Mercancías Peligrosas tiene una estricta normativa tanto por carretera siguiendo el **ADR** (acuerdo europeo sobre el transporte de mercancías peligrosas por carretera), por mar el **ADN** (Acuerdo internacional para el transporte de mercancías peligrosas por vía navegable), por ferrocarril el **RID** (Reglamento internacional para el transporte de mercancías peligrosas por ferrocarril) o por aire siguiendo las **Regulaciones de IATA/OACI** (Instrucciones técnicas para el transporte sin riesgo de mercancías peligrosas por vía aérea).

Este proyecto se centrará en el diseño de una cisterna destinada al transporte de una mercancía peligrosa líquida (bebidas alcohólicas) por tierra, siguiendo el código ADR.

## I.2.- Normativa

*Código ADR 2013. Ministerio de Fomento.*

*Acuerdo Europeo sobre el transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera (en adelante ADR), hecho en Ginebra el 30 de septiembre de 1957, aprobadas por el Grupo de Trabajo para el Transporte de Mercancías Peligrosas de la Comisión Económica para Europa durante las sesiones 88ª, 89ª, 91ª y 92ª. BOE 14/03/2013).*

*Norma UNE-EN 13094/2008. Cisternas para el transporte de mercancías peligrosas. Cisternas metálicas con una presión de servicio de hasta 0,5 bar.*

*RD 551/2006, de 5 de mayo, por el que se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español.*

*Resolución de 21 de noviembre de 2005, de la Dirección General de Transporte por Carreteras sobre la inspección y control por riesgos inherentes al transporte de mercancías peligrosas por carretera.*

*Directiva 70/156/CEE del Consejo, de 6 de febrero de 1970, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros sobre la homologación de vehículos a motor y de sus remolques. (RD 750/2010, de 4 de junio.*

*Orden ITC/2632/2010, de 5 de octubre, por el que se actualiza el anexo III y se modifican varios apartados y apéndices de los Anexos V y VI del RD 551/2006 por el que se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español.*

*RD 1211/1990, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el reglamento de la Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres.*

*Guía Seguridad Industrial Principado de Asturias.*

*Reglamento nº13 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE). Disposiciones uniformes sobre la homologación de vehículos de las categorías M, N y O con relación al frenado.*

*Reglamento nº89 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE). Limitadores de velocidad.*

*Norma UNE-EN 12972/2009. Cisternas para el transporte de mercancías peligrosas. Ensayo, inspección y marcado de cisternas metálicas.*

*RD 97/2014, de 14 de febrero, por el que se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español.*

*RD 750/2010, de 4 de junio, por el que se regulan los procedimientos de homologación de vehículos de motor y sus remolques, máquinas autopropulsadas o remolcadas, vehículos agrícolas, así como de sistemas, partes y piezas de dichos vehículos.*

*Norma UNE-EN 15207:2008, Cisternas para el transporte de mercancías peligrosas. Conexiones macho/hembra y características de alimentación eléctrica de equipos auxiliares en zonas peligrosas con tensión de alimentación nominal de 24 V.*

*Norma ISO 12098/2004, Vehículos del camino. Conectores para las conexiones eléctricas de vehículos a remolque. Conector de 15 polos para vehículos con 24 V de tensión de alimentación nominal.*

*Norma ISO 7638-2/2003, Vehículos del camino. Conectores para las conexiones eléctricas de vehículos a remolque. Conectores para sistemas de frenado y el tren de rodaje de vehículos con 12 V de tensión de alimentación nominal.*

*Norma ISO 3842/2006, Vehículos del camino. Quintas Ruedas. Capacidad de intercambiarse.*

*Directiva 94/20/CE del parlamento europeo y del consejo de 30 de mayo de 1994 relativa a los dispositivos mecánicos de acoplamiento de los vehículos de motor y sus remolques y a su sujeción a dichos vehículos.*

Directiva 2007/46/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de septiembre de 2007, por la que se crea un marco para la homologación de los vehículos de motor y de los remolques, sistemas, componentes y unidades técnicas independientes destinados a dichos vehículos, y de los actos reglamentarios enumerados en sus anexos.

*Norma UNE-EN ISO 15607/2004, Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Reglas generales.*

*Norma UNE-EN 473/2009, Ensayos no destructivos. Cualificación y certificación del personal que realiza ensayos no destructivos. Principios generales.*

*Norma UNE-EN 1435/1998, Examen no destructivo de uniones soldadas. Examen radiográfico de uniones soldadas.*

*Norma UNE-EN ISO 5817/2009, Soldeo. Uniones soldadas por fusión de acero, níquel, titanio y sus aleaciones (excluido el soldeo por haz de electrones). Niveles de calidad para las imperfecciones.*

*Norma UNE-EN ISO 15614-1/2005; A2/2012, Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Ensayo de procedimiento de soldeo. Parte 1: Soldeo por arco y con gas de aceros y soldeo por arco de níquel y sus aleaciones. Modificación 2. (ISO 15614-1:2004/Amd 2:2012).*

*Norma UNE-EN ISO 15613/2005, Especificación y cualificación de procedimientos de soldeo para materiales metálicos. Cualificación mediante ensayos de soldeo anteriores a la producción.*

*Norma UNE-EN 970/1997, Examen no destructivo de soldaduras por fusión. Examen visual.*

*Norma UNE-EN 287-1/2011, Cualificación de soldadores. Soldeo por fusión. Parte 1: Aceros.*

### **I.3.- Definiciones**

Mercancía peligrosa: materia u objeto que presenta riesgo para la salud, para la seguridad o que puede producir daños en el medio ambiente, en las propiedades o a las personas y cuyo transporte por carretera está prohibido o autorizado exclusivamente bajo las condiciones establecidas en el ADR o en otras disposiciones específicas.

ADR: Acuerdo Europeo sobre el transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera.

Transporte: El realizado en vehículos automóviles, que circulen sin camino de rodadura fijo, por toda clase de vías terrestres urbanas o interurbanas, de carácter



público, y asimismo de carácter privado, cuando el transporte que en los mismos se realice sea público.

Están consideradas como operaciones de transporte las actividades de carga, descarga de las mercancías en los vehículos y la transferencia entre modos de transporte así como las paradas y estacionamientos que se realicen por las circunstancias del transporte.

Vehículo: Medio de transporte dotado de motor, destinado a ser utilizado en carretera, esté completo o incompleto, que tenga por lo menos cuatro ruedas y alcance una velocidad máxima de diseño superior a 25 kilómetros por hora, así como cualquier remolque o semirremolque cuando transporten mercancías peligrosas, con excepción de los vehículos que circulen sobre raíles, la maquinaria móvil y los tractores forestales y agrícolas que no alcancen una velocidad de diseño superior a 40 kilómetros por hora.

Semirremolque: vehículo sin motor, dotado de un tren de rodaje en la parte trasera y un dispositivo de amarre en la parte delantera. Este dispositivo llamado King-pin, sirve además como apoyo del semirremolque sobre la 5ª rueda del tractor, que es necesario para su arrastre.

El semirremolque está dotado de un mecanismo que permite sacar en la parte delantera unos apoyos que posibilitan que el vehículo se auto-sostenga tras desenganchar el tractor.

Bebida alcohólica: Bebida que contiene etanol (alcohol etílico).

Camión cisterna: Variedad de camión destinada al transporte de líquidos o gases.

Contenedor-cisterna: Cisterna multimodal que cumple los requisitos de diseño y de construcción definidos en el apartado 6.8 del ADR y del RID.

Homologación de tipo: el procedimiento mediante el cual un Estado miembro del Espacio Económico Europeo (EEE) certifica que un tipo de vehículo, sistema, componente o unidad técnica independiente cumple las correspondientes disposiciones administrativas y requisitos técnicos pertinentes.

Homologación de tipo CE: procedimiento mediante el cual un Estado miembro del EEE certifica que un tipo de vehículo, sistema, componente o unidad técnica independiente cumple las correspondientes disposiciones administrativas y requisitos técnicos de las Directivas 2002/24/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de marzo de 2002, relativa a la homologación de los vehículos de motor de dos o tres ruedas y por la que se deroga la Directiva 92/61/CEE del Consejo; 2003/37/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de mayo de 2003, relativa a la homologación de los tractores agrícolas o forestales, de sus remolques y de su maquinaria intercambiable remolcada, así como de los sistemas, componentes y unidades técnicas de dichos vehículos y por la que se deroga la Directiva 74/150/CEE y la Directiva 2007/46/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de septiembre de 2007, por la que se crea un marco para la homologación de los vehículos de motor y de los

remolques, sistemas, componentes y unidades técnicas independientes destinados a dichos vehículos, y de los actos reglamentarios enumerados en sus anexos.

*Evaluación de la conformidad: se refiere al proceso de verificar la conformidad de un producto según lo previsto en las secciones 1.8.6 y 1.8.7 del ADR relativas a la aprobación de tipo, la supervisión de fabricación, la inspección y pruebas iniciales.*

## I.4.- Caracterización de la cisterna

### I.4.1.- Diseño del depósito

#### I.4.1.1.- Productos a contener

##### **Ficha técnica de seguridad del producto**

Producto: Bebidas alcohólicas (con más del 24% de alcohol pero menos del 70%)

NºOnu: 3065

Composición: Agua y Etanol (24%-70%)

CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH + H<sub>2</sub>O

Propiedades físicas/químicas:

Estado físico en forma Líquido incoloro, de olor característico.

Masa molecular: 46.07 g/mol

Punto de ebullición: 79°C

Punto de fusión: -45.60°

Densidad relativa (agua = 1): 0.93

Solubilidad en agua: miscible

Presión de vapor, KPa a 20°C: 5,8

Presión de vapor, KPa a 50°C: 29

Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1,6

Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1,03

Punto de inflamación: 13°C c.c.

Temperatura de autoignición: 363°C

Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 3.3-19

Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: -0.32

El punto de inflamación de la disolución acuosa al 50% es 24°C.

Se ha informado de reacciones vigorosas de este producto con una gran variedad de reactivos como: difluoruro de disulfurilo, nitrato de plata, pentafluoruro de bromo, perclorato de potasio, perclorato de nitrosilo, cloruro de cromilo, percloruro de clorilo, perclorato de uranilo, trióxido de cromo, nitrato de fluor, difluoruro de dioxígeno, hexafluoruro de uranio, heptafluoruro de yodo, tetraclorosilano, ácido permangánico, ácido nítrico, peróxido de hidrógeno, ácido peroxodisulfúrico, dióxido de potasio,

peróxido de sodio, permanganato de potasio, óxido de rutenio (VIII), platino, potasio, t-butóxido de potasio, óxido de plata y sodio.

En general, es incompatible con ácidos, cloruros de ácido, agentes oxidantes y reductores y metales alcalinos.

#### Identificador de riesgos para la salud y medio ambiente:

Medio ambiente: El riesgo no es apreciable para la flora y la fauna acuática. Aunque es Altamente inflamable. Y El vapor se mezcla bien con el aire, formándose fácilmente mezclas explosivas.

Salud Humana: Efectos similares a los de las bebidas alcohólicas

#### EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN:

La sustancia irrita los ojos. La inhalación de altas concentraciones del vapor puede originar irritación de los ojos y del tracto respiratorio. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central.

#### EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA:

El líquido desengrasa la piel. La sustancia puede afectar al tracto respiratorio superior y al sistema nervioso central, dando lugar a irritación, dolor de cabeza, fatiga y falta de concentración.

La ingesta produce Sensación de quemazón. Dolor de cabeza. Confusión. Vértigo. Pérdida del conocimiento.

Además, el consumo de etanol durante el embarazo puede afectar al feto. La ingesta crónica de etanol puede causar cirrosis hepática.

#### Medidas de primeros auxilios:

Inhalación: Traslade a la víctima a un lugar ventilado. Aplicar respiración artificial si ésta es dificultosa, irregular o no hay. Proporcionar oxígeno.

Ojos: Lavar inmediatamente con agua o disolución salina de manera abundante.

Piel: Eliminar la ropa contaminada y lavar la piel con agua y jabón.

Ingestión: No inducir el vómito.

En todos los casos de exposición, el paciente debe recibir ayuda médica tan pronto como sea posible.

#### Medidas contraincendios:

Métodos de extinción adecuados: Polvo, espuma resistente al alcohol, agua en grandes cantidades, dióxido de carbono.

En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.

Equipo de protección especial para lucha contra incendios: Equipo habitual de la lucha contra incendios de tipo químico. Llevar equipo de respiración autónomo.

#### Medidas de escape accidental:

Ventilar. Eliminar toda fuente de ignición. Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes herméticos. Eliminar el residuo con agua abundante.

Evitar respirar los vapores y permanecer en contra del viento. Usar guantes, bata, lentes de seguridad, botas y cualquier otro equipo de seguridad necesario, dependiendo de la magnitud del siniestro.

Mantener alejadas del área, flamas o cualquier otra fuente de ignición. Evitar que el derrame llegue a fuentes de agua o drenajes. Para lo cual, deben construirse diques para contenerlo, si es necesario. Absorber el líquido con arena o vermiculita y trasladar a una zona segura para su incineración posterior. Usar rocío de agua para dispersar el vapor y almacenar esta agua contaminada en recipientes adecuados, para ser tratada de manera adecuada, posteriormente.

En el caso de derrames pequeños, el etanol puede absorberse con papel, trasladarlo a un lugar seguro y dejarlo evaporar o quemarlo. Lavar el área contaminada con agua.

Precauciones para la protección del medio ambiente: Evitar que el producto penetre en cauces de agua y en el sistema de alcantarillado.

Métodos de limpieza: Recoger el producto con medios mecánicos. Disponer el producto a eliminar en recipientes cerrados y debidamente etiquetados. Lavar los restos con agua abundante.

#### Manejo y almacenamiento:

A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes.

Cantidades grandes de este producto deben ser almacenadas en tanques metálicos especiales para líquidos inflamables y conectados a tierra. En pequeñas cantidades pueden ser almacenados en recipientes de vidrio. En el lugar de almacenamiento debe haber buena ventilación para evitar la acumulación de concentraciones tóxicas de vapores de este producto y los recipientes deben estar protegidos de la luz directa del sol y alejados de fuentes de ignición.

Manipulación: Evitar la formación de polvo. No fumar, comer o beber durante su manipulación. Procurar higiene personal adecuada después de su manipulación.

Almacenamiento: Mantener en recipientes cerrados lejos de la humedad y del calor.

#### Controles de exposición:

Valores límite de exposición:

TLV: 1000 ppm (como TWA), A4 (no clasificable como cancerígeno humano) (ACGIH 2004).

MAK: 500 ppm; 960 mg/m<sup>3</sup>; Categoría de limitación de pico: II(2),

Cancerígeno: categoría 5, Mutágeno: categoría 5, Riesgo para el embarazo: grupo C (DFG 2004).

Protección respiratoria: Protección respiratoria.

Protección de las manos: Guantes de protección.

Protección de los ojos: Gafas de seguridad.

Protección cutánea: Utilizar ropa de trabajo adecuada que evite el contacto del producto.

#### Estabilidad y reactividad:

Estabilidad: estable en condiciones normales de almacenamiento.

Fuentes a evitar: Calor y humedad. Reacciona violentamente con oxidantes fuertes tales como, ácido nítrico o perclorato magnésico, originando peligro de incendio y explosión.

Estabilidad y reactividad: Estable bajo condiciones normales de uso. Extremadamente inflamable, comburente.

Productos de descomposición: Dióxido de carbono.

Incompatibilidades: Difluoruro de disulfurilo, nitrato de plata, pentafluoruro de bromo, perclorato de potasio, perclorato de nitrosilo, cloruro de cromilo, percloruro de clorilo, perclorato de uranilo, trióxido de cromo, nitrato de flúor, difluoruro de dióxigeno, etc. Compuestos halogenados y nitratos.

Condiciones a evitar: Metales. Fuentes de ignición y calor. Juntar incompatibilidades.

#### Información toxicológica:

TLV (como TWA): 1000 ppm; 1880 mg/m<sup>3</sup> (ACGIH 1995-1996).

MAK: 1000 ppm; 1900 mg/m<sup>3</sup> (1996).

El líquido desengrasa la piel. La sustancia puede afectar al tracto respiratorio superior y al sistema nervioso central, dando lugar a irritación, dolor de cabeza, fatiga y falta de concentración. La ingesta crónica de etanol puede causar cirrosis hepática.

La sustancia irrita los ojos. La inhalación de altas concentraciones del vapor puede originar irritación de los ojos y del tracto respiratorio. La sustancia puede causar efectos en el sistema nervioso central.

Toxicidad DL50 oral rata: 7060 mg/kg

Tras inhalación Irritaciones en mucosas leves. Riesgo de absorción cutánea,

Puede provocar náuseas, vómitos.

Tras contacto con la piel N.A

Tras contacto con los ojos irritaciones leves

#### Información ecológica:

Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar bastante lentamente una concentración nociva en el aire. El vapor se mezcla bien con el aire, formándose fácilmente mezclas explosivas.

Leves contaminaciones a sistemas acuáticos.

#### Consideraciones de desecho:

La mejor manera de desecharlo es por incineración, aunque para pequeñas cantidades puede recurrirse a la evaporación en un lugar seguro.

Medios de eliminación del producto: Respetar las normativas locales y nacionales. Disponer el producto a eliminar en un tratador autorizado de residuos.

Medios de eliminación de los envases usados: Disponer los envases a eliminar en un tratador autorizado para su eliminación o incineración.

Producto: Los criterios homogéneos para la eliminación de residuos químicos no están regulados, por ahora, en la Unión Europea. Los residuos, procedentes del uso habitual de los productos químicos, poseen, generalmente, el carácter de residuos especiales. Existen leyes y disposiciones locales que regulan la eliminación de estos residuos en los países de la UE. Para informarse sobre su caso particular, rogamos que se ponga en contacto con la Administración Pública, o bien con una Empresa autorizada para la gestión de residuos.

Envases: Se procederá según las disposiciones oficiales para eliminarlos. Los embalajes contaminados deberán ser sometidos a las mismas medidas aplicadas al producto químico contaminante.

#### Modos de transportación:

Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-30S3065.

Transportación terrestre:

Marcaje: 3065. BEBIDAS ALCOHÓLICAS con contenido alcohólico entre 24% y 70%.

Líquido inflamable.

Transportación marítima:

Código IMDG: 3065

Clase: 3.2

Marcaje: líquido inflamable.

Transportación aérea:

Código ICAO/IATA: 3065

Clase: 3

Cantidad máx. en vuelo comercial: 5 l.

Cantidad max. en vuelo de carga: 60 l.

ADR/RID: Nº ONU: 1170 Clase: 3

Transporte terrestre (ADR/TPC - RID/TPF)

- Denominación para el transporte: BEBIDAS ALCOHÓLICAS con contenido alcohólico entre 24% y 70%.

- Nº ONU 3065

- Nº Riesgo

- ADR - Clase 3

- Etiquetado según ADR F 1

- ADR - División 3.1

- ADR - Grupo II

- Cantidad limitada ADR

Transporte marítimo (IMDG)- Denominación para el transporte

Bebidas alcohólicas

- Nº ONU 3065

- IMO-IMDG - Clase 3

- IMO-IMDG – Etiqueta

- IMO-IMDG - Grupo II

- IMDG - Polución marina

Transporte aéreo (ICAO-IATA)- Denominación para el transporte

Bebidas alcohólicas

- Nº ONU 3065

- IATA - Clase 3

- IATA - Grupo II

INFORMACIONES REGLAMENTARIAS

Pictograma:



Figura 1. Pictograma indicador de peligro (Fácilmente inflamable)

Fácilmente Inflamable.

Según la Directiva 88/389/CEE sobre Preparados Peligrosos en la etiqueta de este producto debe constar:

Frases R:

R 11: Fácilmente inflamable.

Frases S:

S 2: Manténgase fuera del alcance de los niños.

S 7: Manténgase el recipiente bien cerrado.

S 16: Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas - No fumar

Disposiciones para el etiquetado: CE: 603-002-00-5

-Azul 0: No representa amenaza significativa

-Rojo 3: Fácilmente inflamable

-Amarillo 0: Estable

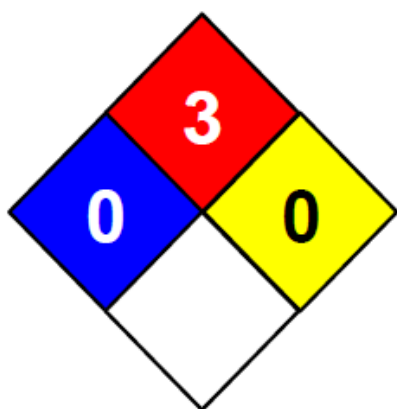


Figura 2. Etiquetado reglamentario



## OTRAS INFORMACIONES

La información suministrada en el presente documento está basada en nuestro conocimiento y experiencia, no constituyendo garantía alguna de las especificaciones del producto. El cumplimiento de las indicaciones contenidas en el texto no exime al utilizador del cumplimiento de cuantas normativas legales sean aplicables.

Esta información solamente se refiere al producto antes mencionado y no ha de ser válida para otro(s) producto(s) ni para cualquier proceso. La información es, según nuestro mejor conocimiento correcta y completa. Se facilita de buena fe, pero sin garantía. Continúa siendo responsabilidad propia del usuario el que esta información sea la apropiada y completa para la utilización especial de este producto.

## **Grado de llenado**

El siguiente grado de llenado no deberá sobrepasarse para nuestro producto, un líquido inflamable que no representa otros peligros, cargado en cisternas provistas de dispositivos de respiración o de válvulas de seguridad.

$$\text{Grado de llenado} = \frac{100}{1 + \alpha(50 - tf)} \%$$

En nuestro caso el grado de llenado no superará el 90%. (Ver apartado II.2 Cálculos Justificativos)

Hay que respetar este grado de llenado por el hecho de que todo producto genera vapores que dependen de las condiciones de presión y temperatura en que se encuentren, y estos vapores necesitan un cierto espacio, el cual si llenáramos completamente la cisterna no tendríamos. Por lo tanto hay que respetar el equilibrio de fase líquido-gas.

### **I.4.1.2.- Tipo de depósito**

## **Caracterización del depósito**

El depósito será una Cisterna y solo podrá ser colocada en un vehículo tipo FL (ver ADR 9.1.1.2) cuya función, entre otras, es la de transporte de líquidos con un punto de inflamación que no sobrepase 60 °C (exceptuando los carburantes diesel que cumplan con la norma EN 590:1993, el gasoil y el petróleo para calefacción (ligero) (NºONU 1202) con un punto de inflamación definido también en la anterior norma) en cisternas fijas o desmontables con capacidad superior a 1 m³ o en contenedores cisterna o cisternas portátiles de una capacidad individual superior a 3 m³.

## **Código cisterna**

Según el ADR (4.3.4.1.1) la cisterna será de tipo **LGBF** cuyo significado es el siguiente:

- Tipos de cisterna: L = cisterna para materias en estado líquido (materias líquidas o materias sólidas entregadas para el transporte en estado fundido);
- Presión de cálculo: G = presión mínima de cálculo según las disposiciones generales del 6.8.2.1.14;
- Aberturas: B = cisterna de llenado y vaciado situadas en la parte inferior con 3 cierres;
- Válvulas/dispositivos de seguridad: F = cisterna con dispositivo de aireación, según 6.8.2.2.6, provisto de un dispositivo de protección contra la propagación del fuego o cisterna resistente a la presión generada por una explosión.

### **I.4.1.3.- Especificaciones del depósito**

#### **Dimensionado**

La cisterna tiene una longitud  $L_t$  y una sección transversal elíptica de radios “a” y “b”.

$L_t=12000$  mm;  $a=1000$  mm;  $b=800$  mm

El radio interno de la corona R1 es igual a 1000 mm para los dos fondos.

El radio interno de los rebordes r es igual a 1900 mm.

#### **Materiales**

El material utilizado en la fabricación de la cisterna es acero inoxidable AISI 316L cuyas características se muestran en la Tabla 1.

Tipo de material	Acero Inoxidable Aisi 316 L
Resistencia mínima a la tracción ( $R_m$ )	540 N/mm <sup>2</sup>
Límite elasticidad aparente ( $R_e$ )	240N/mm <sup>2</sup>
Alargamiento hasta la rotura	18,52%
Módulo elasticidad (Young)	190000 N/mm <sup>2</sup>
Densidad (25Cº)	8000 Kg/m <sup>3</sup>

Tabla 1. Propiedades del material AISI 316-L

#### **Presiones**

Las presiones utilizadas en los cálculos se muestran en la Tabla 2.

<b>Presión</b>	<b>Valor (Mpa)</b>
Presión de servicio máxima $P_{ms}$	0,032
Presión estática $P_{ta}$	0,014
Presión de ensayo $P_e$	0,040
Presión de cálculo $P_c$	0,0589

Tabla 2. Tabla de Presiones

#### I.4.1.4.- Estructura y elementos del depósito

##### Elementos estructurales

La cisterna es soportada por un semirremolque cuyo chasis se construye mediante dos vigas longitudinales en sección de doble T. En la parte posterior del semirremolque se encuentran los ejes, los cuales soportarán la mayor carga de peso. En la parte anterior se encuentra el elemento de unión del semirremolque con el camión.

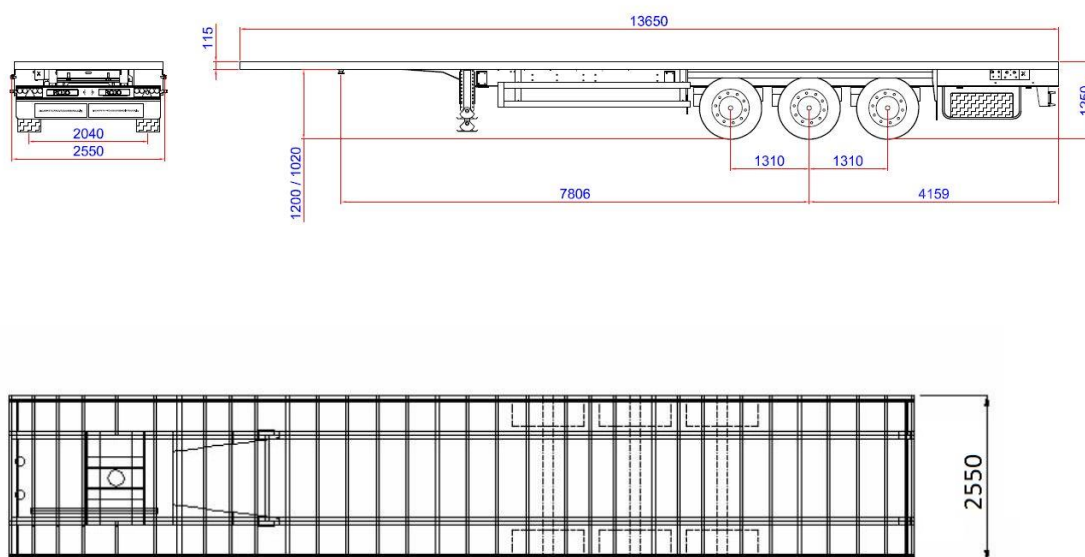


Figura 3. Chasis semirremolque 3 ejes

La unión entre la cisterna y el chasis es posible gracias a dos elementos de unión, el “King pin” y la “Quinta Rueda” (Ver apartado I.6.1).

##### Protecciones

###### **a) Contra impactos laterales**

La cisterna lleva soldada una protección contra impactos laterales en forma de seis semi-anillos exteriores con una separación de 1000 mm entre los cinco primeros y estos a una distancia de 4000 mm con el último. Los anillos exteriores no tendrán ninguna arista viva de radio inferior a 2,5 mm.

###### **b) Contra vuelcos**

Los órganos, accesorios y equipo auxiliar que conecte con el interior del depósito montado en la parte superior del mismo estarán, por norma, protegidos contra los

daños ocasionados por un posible vuelco. Esta protección consistirá en unas barras antivuelco, situadas en las zonas inicial y final de la cisterna.

En la siguiente figura se muestra una disposición típica de un equipo auxiliar protegido mediante barras antivuelco.

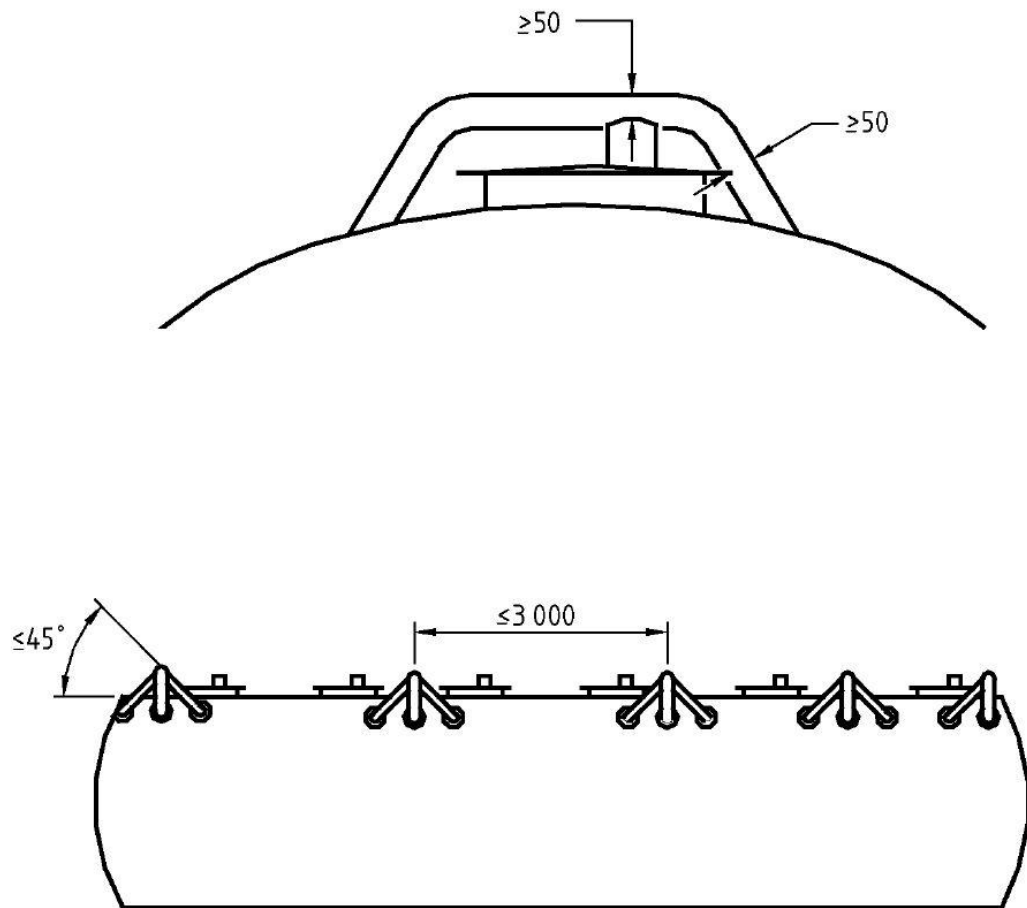


Figura 4. Equipo auxiliar protegido por barras antivuelco

### c) Rompeolas.

Los líquidos transportados en la cisterna pueden moverse libremente por el depósito. Para evitar los desplazamientos interiores de la carga y, en definitiva, evitar el oleaje durante el frenado, la aceleración o la circulación normal por carretera, se instalan los rompeolas. El efecto de la ola ocurre principalmente cuando la cisterna está entre el 40% y el 70% de su capacidad.

Los rompeolas son unos tabiques internos, similares a las mamparas que dividen la cisterna en compartimentos, pero provistos de aberturas que permiten el paso del líquido a través suyo, dividiendo la ola en olas más pequeñas.

Los rompeolas y los mamparos serán de forma cóncava, con una profundidad mínima de la concavidad de 20 cm. La superficie de los rompeolas será, como mínimo, un 70% de la superficie de la sección recta del depósito en el punto en que se instalen. El espesor será el mismo que el del depósito.



Figura 5. Ejemplo de un rompeolas dentro de una cisterna

#### **d) Protección posterior de los vehículos**

Ver apartado VII.6.4.

#### **Cubetas de derrame**

Son unas cubetas en las que dentro se sitúan las llamadas “boca de hombre”. Utilizadas estas cubetas en las cisternas que transportan líquido, ya que sirven para recoger el producto que pueda salir durante la carga o el transporte mediante la boca hombre. Puede haber una para cada boca de hombre o una general para todas, aunque las cisternas con varias bocas de hombre pueden tener una única cubeta a lo largo del depósito que incluya todas las bocas, como en nuestro caso.

En la siguiente figura se ilustran varios ejemplos.

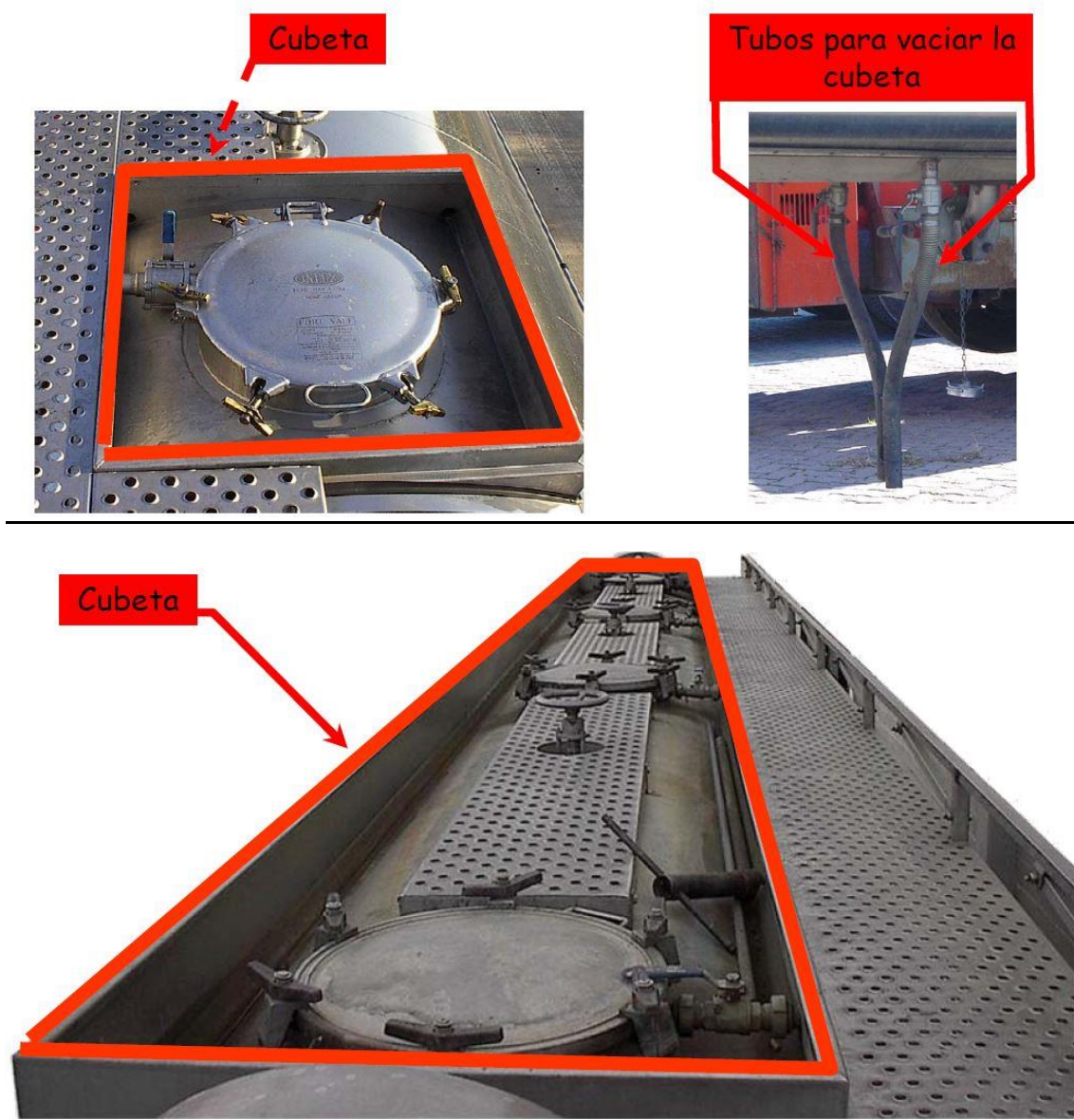
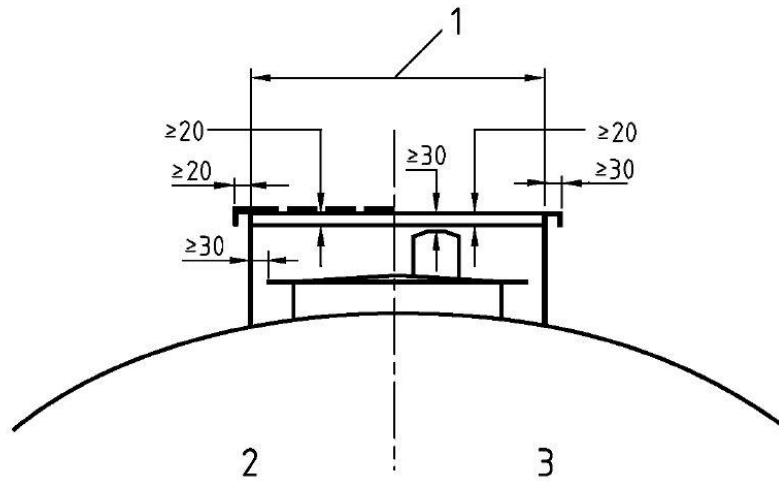


Figura 6. Ejemplos de cubeta de derrame



Leyenda

- 1  $\leq 900$  anchura, diámetro,  $\leq 1\ 500$  longitud (si es rectangular)
- 2 cubeta de derrame con cubierta
- 3 cubeta de derrame sin cubierta

Figura 7. Disposición típica de un equipo auxiliar protegido por cubetas de derrame

## Cajas transversales

El equipo auxiliar también se protege mediante cajas transversales.

En la figura 8 se muestra la disposición típica de un equipo auxiliar protegido mediante cajas transversales.

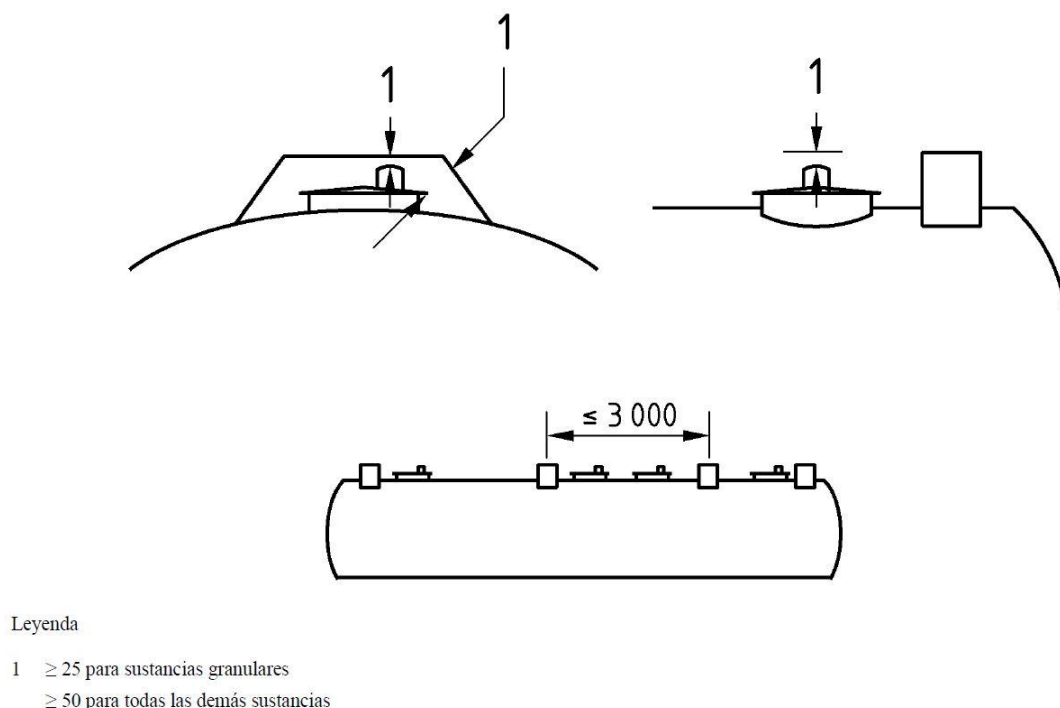


Figura 8. Equipo auxiliar protegido mediante cajas transversales

## I.4.2.- Equipos de servicio

### I.4.2.1.- Memoria. Generalidades.

Los equipos de servicio son componentes necesarios en la cisterna por norma (ADR) ya sea por seguridad, para inspección, etc.

### I.4.2.2.- Bocas de hombre

La cisterna debe estar provista, por norma, de boca/s de hombre para permitir mantenimiento, registro, inspección o limpieza interior. La cisterna tendrá 5 bocas de hombre con diámetro de abertura igual a 500 mm.

En la figura 9 se ilustra un ejemplo.

La boca de hombre que utilizaremos en nuestra cisterna será una Pendle Manlid Assembly 500mm del fabricante FORT VALE y cuyas especificaciones y dimensiones se detallan en el apartado III Planos.





Figura 9. Ejemplo de una boca de hombre

#### **I.4.2.3.- Sistemas de carga y descarga**

##### **Sistemas de carga y descarga**

La mayoría de las cisternas de líquidos inflamables cargan por la boca de hombre y descargan por gravedad por los colectores de salida que están situados en la parte inferior.

Nuestra válvula de salida será una 3" Blacko Ball Valve 360/5000R del fabricante FORT VALE cuyas especificaciones se muestran en el apartado III Planos.



Figura 10. Ejemplo de colectores de salida

### **Cierres, válvulas y grifos**

En nuestro caso, la cisterna trabaja a una presión mínima de operación inferior a los 50 Kpa y por lo tanto no precisa de válvula de pie ni de presurización. Todas las aberturas de la cisterna situadas en la parte inferior destinadas tanto al llenado como al vaciado están equipadas con tres cierres montados en serie e independientes entre sí, y que constarán de:

- Un obturador interno.
- Un obturador externo.
- Un dispositivo de cierre (tapón roscado).

Las válvulas para abrir el paso del producto pueden ser válvulas de volante y palanca (accionadas manualmente) con su sentido de giro habitual marcado con una flecha o neumáticas.

Tanto la posición como el sentido de cierre de los obturadores se mostrarán para que no dé lugar a posibles errores.

### **Hermeticidad o ventilación**

La cisterna en nuestro caso no estará cerrada herméticamente.

Irà equipada con un respiradero de presión y de depresión que está diseñada para trabajar a la presión de llenado y vaciado de la cisterna. Forma parte del sistema

de aireación y no deberá ser considerado como una válvula de seguridad. Tiene las siguientes funciones:

- Venteo de presión y depresión de la cisterna
- Contención de la sustancia en caso de derrame o vuelco

#### **I.4.2.4.- Seguridades**

##### **Medidas a adoptar para evitar la depresión**

Una presión interna negativa sería inadmisibles. Por lo tanto para evitar esta situación y al no estar cerrada herméticamente la cisterna, se la equipa con una válvula de depresión.

Esta válvula junto a los dispositivos de respiración deberán impedir el paso de la llama al depósito, a menos que el este depósito sea capaz de soportar una explosión debida al paso de una llama.

##### **Conexiones, seguridad equipotencial: interior y exterior**

La cisterna irá provista de una toma de tierra bien señalizada, apta para recibir un cable de conexión eléctrica. En el proceso de carga y descarga, el cable de la red de tierra de la instalación donde se realiza el proceso, se conecta a la toma de tierra de la cisterna durante el mismo. La conexión debe hacerse antes de la apertura de la boca de carga o descarga y mantenerse hasta que no se haya completado el proceso.

La resistencia eléctrica entre el borne de la toma de tierra y las piezas metálicas de la cisterna y de sus equipos no debe exceder los 10 ohmios.

#### **I.4.2.5.- Componentes auxiliares**

##### **Termómetro**

Sirve para conocer la temperatura interior del depósito. Este no se encuentra en contacto directo con el producto a transportar.

##### **Manómetro**

Instrumento de medición de la presión interior del depósito. Es necesario dos tipos de manómetros, uno para la fase líquida del producto y otro para la gaseosa de los vapores que desprende todo producto a una determinada presión y temperatura.

#### **I.4.2.6.- Equipamiento eléctrico**

(Ver apartado I.6.3)

#### **I.4.2.7.- Electricidad estática**

La generación de cargas electrostáticas es un fenómeno natural, asociado a la propia estructura atómica de la materia, que se produce como resultado del movimiento relativo entre dos superficies en contacto, generalmente de sustancias diferentes, tanto líquidas como sólidas, una de las cuales, o las dos, no es buena conductora de la electricidad. Dos son los procesos fundamentales de formación de las cargas: el contacto-separación de sustancias y la fricción.

La magnitud de la carga depende principalmente de la velocidad de separación y/o fricción de los materiales y de su resistividad eléctrica, aunque otros parámetros tales como el estado de oxidación de la superficie de frotamiento, la presencia de agua no miscible y partículas como óxido de hierro, la naturaleza de los metales de recipientes y tuberías, la influencia de la temperatura, etc. tienen también su importancia sobre la generación de cargas y su polaridad.

Cuando dos elementos con carga de igual valor y signo contrario se encuentran separados por un medio aislante, como por ejemplo el aire, si existe una vía conductora puede establecerse una descarga disruptiva (chispa) con liberación de energía. Estas descargas también se producen entre un cuerpo cargado eléctricamente y otro cuerpo próximo exento de cargas pero conectado eléctricamente a tierra. Al disminuir la distancia, también resulta menor la tensión precisa para que se opere la descarga disruptiva. La energía liberada al producirse la chispa es el parámetro determinante en la peligrosidad de la chispa.

Cuando tales descargas electrostáticas con chispa se producen en una atmósfera inflamable, es relativamente fácil que se inicie el incendio, dado que la energía de activación que aportan acostumbra ser superior a la que se precisa para la combustión de gases y vapores, que suele ser del orden de 0,25 mJ. El peligro de inflamación existe cuando la chispa es generada por una diferencia de potencial superior a los 1.000 V.

El mecanismo de carga de los líquidos en circulación, considerados como electrolitos débiles, obedece a la teoría de la “doble capa eléctrica”, según la cual los iones de un determinado signo son absorbidos preferentemente por la superficie del sólido que los contiene, formándose una capa de determinada polaridad, sobre la que se deposita otra capa de iones de carga opuesta. La densidad de carga del líquido decrece al aumentar la distancia a la pared del contenedor, como se ilustra en la siguiente figura.

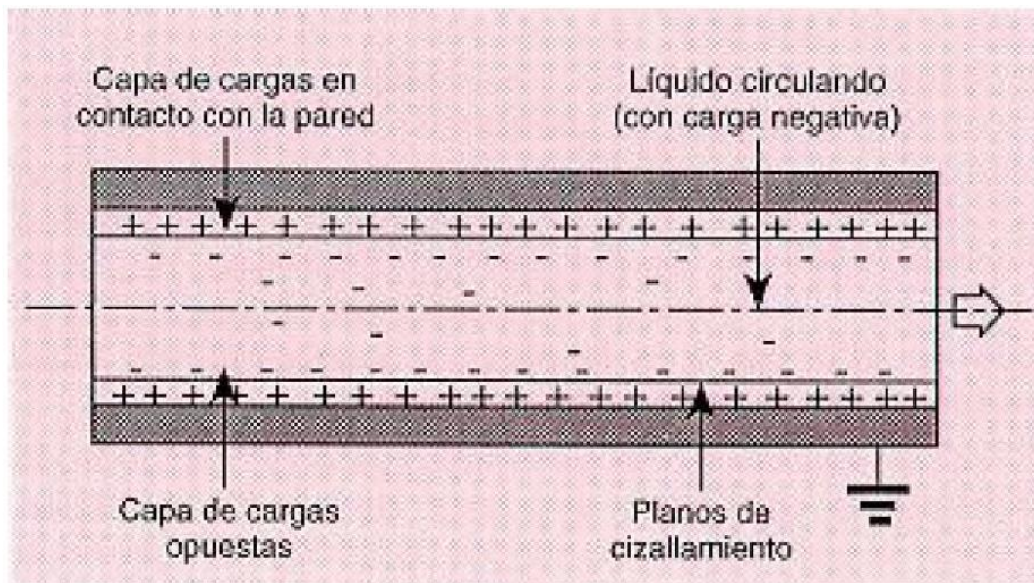


Figura 11. Transferencia de cargas entre líquidos y sólidos. Según la teoría de la "doble capa", la segunda capa está indicada con signos + en la superficie interna del tubo

En el caso concreto de los líquidos inflamables, dependiendo de la temperatura y el punto de inflamación, éstos pueden formar mezclas explosivas vapor/aire susceptibles de encenderse por cualquier tipo de fuente de ignición, como por ejemplo chispas por impacto, fricción, superficies o las cargas electrostáticas.

La generación de electricidad estática en la actividad de carga y descarga de camiones cisterna, cuando se manipulan inflamables, admite varios orígenes.

Uno de ellos es el resultado de la filtración del producto a través de los diminutos orificios del filtro, operación que puede producir muy altos niveles de cargas y que requiere, para su disipación, un periodo de tiempo considerable.

Un segundo mecanismo es el producido por el movimiento del producto a través de los filtros de malla intercalados en los circuitos de manipulación (bridas con filtro), debiendo precisarse que con tamaños de orificio mayores de 300 micras existe poca probabilidad de que se generen situaciones peligrosas. De ahí que, en estos casos, el tiempo de relajación a que se hacía referencia pueda ser reducido, por ejemplo a 30 segundos. Sin embargo, cuando el orificio de malla disminuye, la generación de cargas podría acercarse, en ciertas circunstancias, a niveles considerables de riesgo. Tamaños de poro por debajo de las 150  $\mu\text{m}$  puede entrañar peligrosidad, especialmente si se encuentran obturados, debiendo recurrirse al intervalo de disipación de cargas, al tiempo que se procede a la limpieza o sustitución de filtros cuando la presión llega a ser excesiva.

El tercer mecanismo de generación es el debido al simple movimiento del líquido a lo largo de la tubería, dependiendo la generación de cargas de la clase de producto y de su velocidad de circulación.



Para que una carga electrostática pueda constituir una fuente de ignición en el interior de un recinto vacío, deben concurrir las condiciones siguientes:

- Existencia de elementos generadores de cargas electrostáticas
- Acumulación suficiente de cargas e.e. como para generar chispas
- Presencia de una mezcla inflamable susceptible de ignición.

Una descarga electrostática es capaz de causar una ignición, siempre y cuando la energía liberada sea mayor que la energía mínima de ignición de la mezcla combustible presente en ese momento.

A su vez, para que una mezcla gas/aire o vapor/aire se inflame, no sólo la relación de la concentración del material inflamable frente a la concentración de aire (oxígeno) debe encontrarse dentro de los límites de inflamabilidad, sino que sólo será susceptible de ignición si la temperatura del líquido del que emana supera el punto de inflamación. Especial atención debe prestarse, no obstante, a los aerosoles en los que las pequeñas gotas pueden incrementar muy rápidamente su temperatura, superando el punto de inflamación, debido a su baja capacidad calorífica.

En general, la probabilidad de que se den simultáneamente una atmósfera explosiva y una descarga con liberación suficiente de energía como para causar una ignición, es relativamente baja. Por ello, no resulta raro constatar la existencia de operaciones con riesgo de cargas electrostáticas que llevan realizándose indefinidamente sin que hayan surgido incidentes.

Esta liberación de energía durante la descarga depende, entre otras causas, del tipo de ésta.

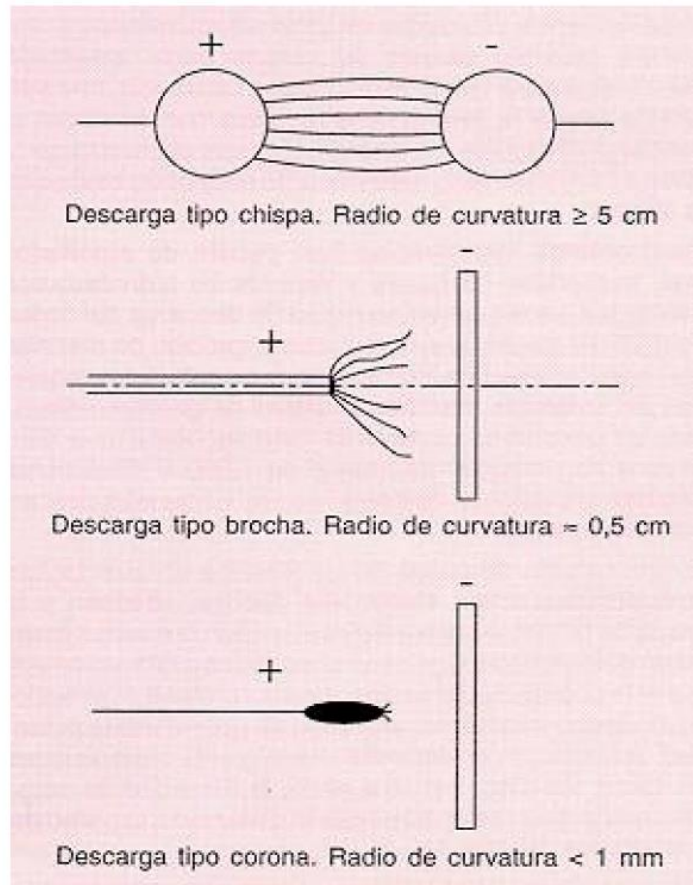


Figura 12. Tipos diferentes de descargas según la geometría de la disposición de los elementos y materiales afectados

### **Capacidad de carga electrostática de los líquidos**

En caso de que el recipiente esté muy aislado de tierra, por ejemplo los camiones-cisterna, la carga de la superficie líquida atrae una carga igual de signo contrario hacia el interior del recipiente, dejando una carga igual a la del líquido en la pared exterior de la cisterna suponiendo que ésta sea metálica. Es entonces factible que se produzca una descarga electrostática por chispa, por ejemplo entre la boca del recipiente y la tubería de llenado o cualquier otro elemento metálico conectado eléctricamente a tierra, como un medidor de nivel o un muestreador de líquido que se introduzca por dicha boca, generando una situación de alto riesgo al ser posiblemente en tal zona la atmósfera inflamable.

La posibilidad de que se originen situaciones de riesgo en el trasvase de ciertos líquidos está íntimamente ligado a su resistividad, siendo la del alcohol etílico  $7,4 \times 10^8 \Omega\text{m}$ .

### **Mezclas inflamables aire-vapor**

Los riesgos de ignición de chispas estáticas pueden minimizarse bien incidiendo en el proceso generación-acumulación-descarga estática, o bien controlando las

mezclas inflamables de aire-vapor en aquellos puntos donde las cargas estáticas puedan descargarse en forma de chispas o destellos.

## **Prevención contra ignición por electricidad estática**

### **a) Control de la velocidad de flujo y del sistema de llenado**

Hasta fecha reciente era criterio generalizado que una velocidad de 4 a 7 m/s era la adecuada para impedir la acumulación de cargas dentro de unos límites aceptables. Sin embargo, el empleo de diámetros mayores de tubería, tendente a reducir tiempos con el empleo de tubería cada vez de mayor diámetro, ha permitido limitar la generación de cargas, siempre que:

$$v \cdot d < 0.5$$

siendo "v" la velocidad lineal de flujo en m/s y "d" el diámetro del brazo de carga en m. La siguiente tabla relaciona los valores de "v" y "vd" para distintos diámetros de tubería.

DIÁMETRO NOMINAL (pulgadas)	DIÁMETRO INTERIOR (mm)	VELOCIDAD (m/s)	v.d (m <sup>2</sup> /s)
1 1/2	40.9	1.00	0.041
		7.00	0.286
2	52.5	1.00	0.053
		7.00	0.368
3	77.9	1.00	0.078
		6.41	0.500
4	102.3	1.00	0.102
		4.89	0.500
5	128.2	1.00	0.128
		3.90	0.500
6	154.1	1.00	0.154
		3.24	0.500
8	202.7	1.00	0.203
		2.47	0.500
10	254.5	1.00	0.255
		1.96	0.500
12	303.2	1.00	0.303
		1.65	0.500

Tabla 3. Velocidades máximas de llenado para impedir la acumulación de cargas para distintos diámetros de tuberías



No obstante esta limitación, la velocidad del flujo no debería exceder de 7 m/s. El límite de 0,5 m/s no garantiza que no pueda desarrollarse una ignición estática, si bien reduce su probabilidad.

Puede impedirse la existencia de un campo electrostático alto, aun cuando el mecanismo potencial de carga pueda ser grande, si la conductividad del producto es lo suficientemente alta como para limitar la retención de cargas.

#### **b) Incremento de la conductividad del producto manipulado**

Dado que las cargas e.e. pueden acumularse sobre la superficie de los materiales de baja conductividad, resulta posible controlar la acumulación de aquéllas, antes de que lleguen a alcanzar niveles peligrosos, mediante aditivos que incrementen la conductividad (disminución de la resistividad). Son productos polares que se mezclan a concentraciones bajas y en muy pequeñas cantidades (del orden de 1-2 g/m<sup>3</sup>), hasta conseguir resistividades inferiores a 10<sup>8</sup> Ωm. Niveles de conductividad mayores de 50 pS/m, a temperaturas normales, se consideran como no peligrosos.

El efecto de estos aditivos decrece con la disminución de la temperatura. De ahí, que la proporción de mezcla debe ser suficiente como para asegurar una conductividad satisfactoria a los niveles de temperatura más bajos. Debe precisarse que estos aditivos no impiden la generación de e.e. Su influjo consiste en atenuar las cargas como si se combinaran con sustancias de polaridad opuesta. Consecuentemente, su uso debe complementarse con la conexión y puesta a tierra, a fin de que se establezca un drenaje y disipación de cargas. Esta aditivación requiere que el producto sea soluble en el líquido, dado que, en su defecto, la formación de gotas (por ejemplo el agua como aditivo) podría originar el efecto contrario. Conviene también tener presente que el paso del producto por filtros puede conllevar la retención de aditivo o, tratándose de suspensiones, el material sólido puede absorberlo, con independencia de que, por simple envejecimiento, puede disminuir o desaparecer el efecto antiestático del mismo.

#### **c) Conexiones equipotenciales y puestas a tierra**

Una vez conseguido el control apropiado sobre la generación y acumulación de cargas electrostáticas, se hace necesario crear las condiciones precisas para que las cargas que se puedan formar sean fácilmente eliminadas. Ello se consigue mediante la interconexión de todas las superficies conductoras sobre las que se puede formar e.e., estando a su vez el conjunto conectado a tierra. La conexión englobaría a los compartimentos objeto de trasvase y al equipo de bombeo y sus conducciones. A tal efecto, pueden considerarse aceptables resistencias de puesta a tierra inferiores a 1 megohm (10<sup>6</sup> Ω).

Desde una perspectiva operativa, en la modalidad de carga de cisternas por arriba, donde normalmente los vapores inflamables están presentes al abrirlas bocas de carga, debe conseguirse, tal y como ha quedado referenciado, que los compartimentos estén eléctricamente conexionados al brazo de carga, tuberías de llenado o a la estructura del cargadero. Si la unión se hace a esta última, es preciso que la tubería y la

estructura estén inter conexas. En tal supuesto, la puesta a tierra de la estructura no reporta ninguna protección adicional contra la posible ignición por electricidad estática.

La conexión debe hacerse antes de proceder a la apertura de la boca de carga, debiendo mantenerse hasta en tanto no se haya cerrado aquélla, una vez completada la carga.

De esta forma, la unión equipotencial impedirá cualquier crecimiento de los potenciales electrostáticos entre brazo de carga y compartimento, eliminándose la posibilidad de destello en las proximidades de la abertura de la boca de carga. La importancia de una buena conexión no sólo debe procurarse con productos cuya presión de vapor sea alta o media, sino que debe hacerse extensible asimismo a los de baja, por cuanto no puede descartarse contaminaciones ocasionales con productos de alta-media presión procedentes, por ejemplo, del cargamento anterior o, sin que se incurra en estos supuestos, tratándose de productos con baja presión de vapor, por casual elevación de la temperatura y superación de la correspondiente a la de "flash point" (punto de destello), si se trata de productos con baja presión de vapor.

Los cables de conexión pueden ser aislados o no. El uso de estos últimos permite visualizar la continuidad eléctrica. En el caso de utilizar los aislados se precisa de una comprobación que constate su continuidad. Estos registros, en modalidad de continuo, operan en conjunción con señales luminosas o de parpadeo, impidiendo la selección y puesta en marcha de los grupos de bombeo ante deficiencias de un contacto idóneo.

La conexión equipotencial para el control de electricidad estática no resulta procedente en los casos siguientes:

- En cargas de producto carentes de capacidad para acumular e.e. (asfaltos y la mayoría de aceites de petróleo crudo).
- Con productos en los que, en su transporte, no se alcanza el punto de destello, así como en aquellos terminales de carga en los que sólo se manipulan líquidos con "flash point " igual o superior a 38°C (combustibles líquidos).
- Operaciones en las que el acoplamiento del dispositivo de carga se hace antes de que el caudal de flujo se inicie y la desconexión se efectúe después de que el flujo se haya extinguido.

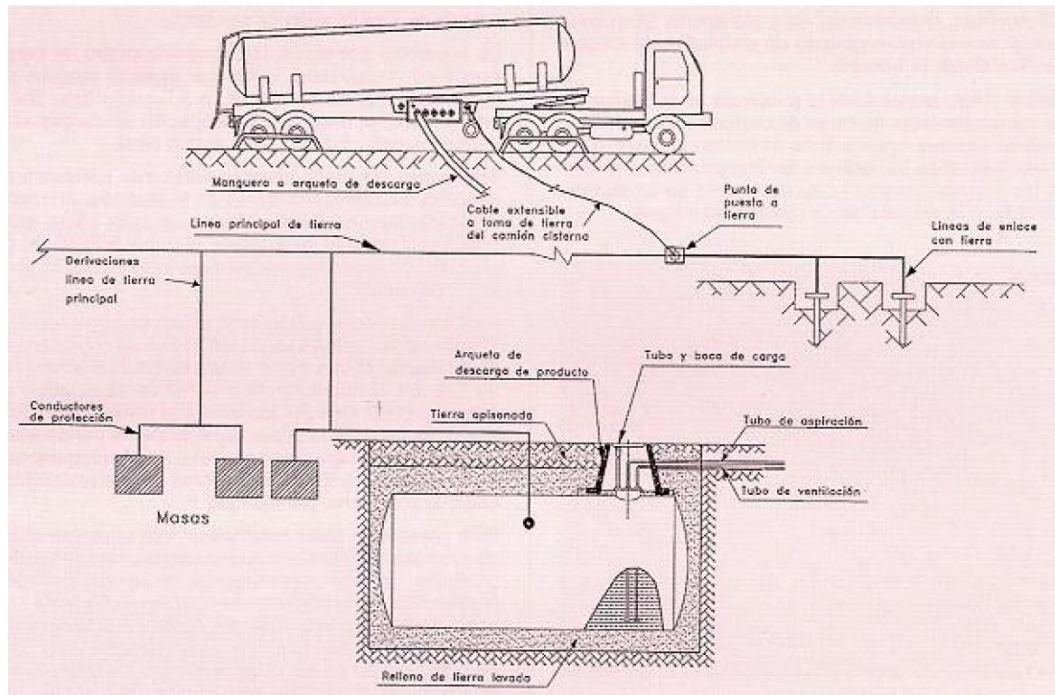


Figura 13. Esquema de instalación de puesta a tierra para un camión cisterna de hidrocarburos líquidos

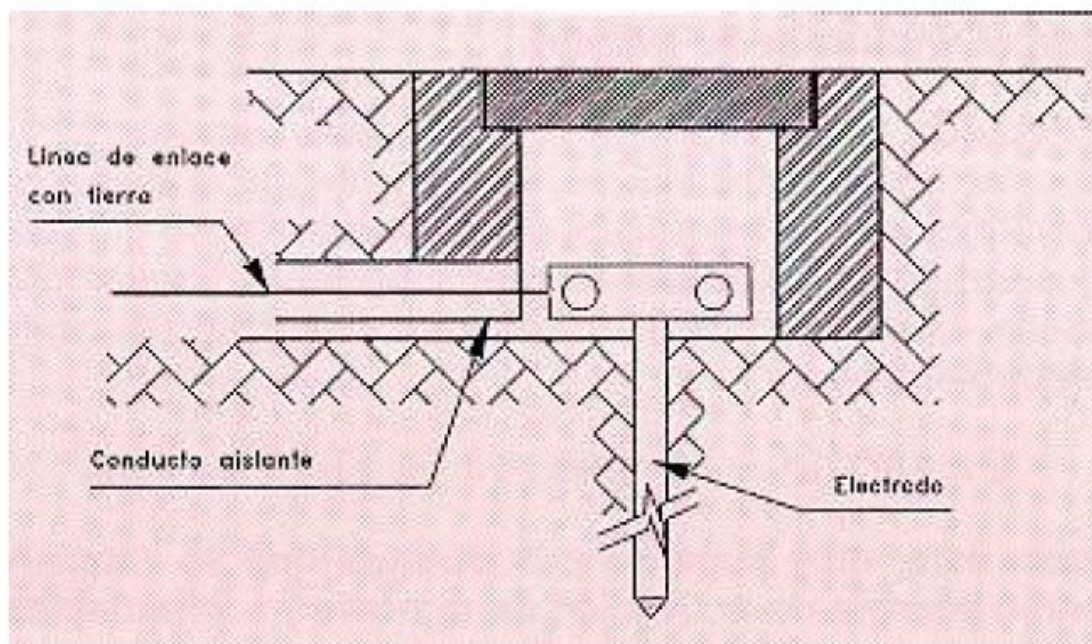


Figura 14. Detalle arqueta puesta a tierra

A tal efecto son de interés las definiciones siguientes:

- Línea principal de tierra: es el conductor que, partiendo del punto de puesta a tierra, conecta con las derivaciones necesarias para la puesta a tierra de las masas.

- Punto de puesta a tierra: punto que sirve de unión entre la línea de enlace con tierra y la línea principal de tierra. Está constituido por un dispositivo de conexión (regleta, placa, borne, etc.) que permita la separación entre los conductores de las líneas de enlace y la línea principal de tierra y haga posible la medida de las resistencias de tierra.
- Líneas de enlace con tierra: conductor de unión del electrodo, placa o pica con el punto de puesta a tierra.
- Conductores de protección: conductor que une eléctricamente las masas de una instalación con ciertos elementos, con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos. En condiciones normales, no se produce por él circulación de corriente alguna, circunstancia que lo diferencia del neutro y cualquier otro conductor de fase.

Las secciones de los diferentes conductores deben ajustarse al REBT. MIBT.039.

#### **d) Continuidad eléctrica de la línea de llenado**

Cuando la carga de cisternas se efectúa por arriba, todas las partes metálicas de la tubería de alimentación y brazo de carga deben tener continuidad eléctrica a partir del punto de conexión. En tal sentido, las mangueras, en general, dispondrán de alma metálica continua, debiendo evitarse situaciones tales como la intercalación de una manguera no conductora equipada con acoplamientos metálicos, si éstos no están conexiados a la tubería de alimentación y tanque receptor. Las uniones de tubería del tipo reducciones, manguitos, etc. forman un todo, eléctricamente hablando, por lo que no es necesario imprimirle continuidad eléctrica, ya que su resistencia es tan baja que no existe posibilidad de acumulación de electricidad estática. Tratamiento diferente presentan accesorios tales como embridados, válvulas, etc., en las que el puenteado eléctrico es imprescindible.

En cualquier caso, es conveniente controlar las especificaciones de tales uniones, dado que algunas son fabricadas con superficies aislantes.

#### **e) Brazos de carga**

La turbulencia de flujo que originan los brazos de carga en el llenado de cisternas por arriba, puede contribuir asimismo a la generación de cargas. A tal efecto, el brazo de carga debe alcanzar el fondo del compartimento, entrando en contacto físico con él, a cuyo fin, debe dotarse a su extremo de material blando anti chispa, al tiempo que se evitan las turbulencias y remolinos con la presencia de deflectores o biseles. El brazo de carga a potencial de tierra hace partícipe al líquido de este potencial. Consecuentemente, en el momento de la medición e introducción de la varilla de sonda, se minimiza cualquier posibilidad de descarga estática en la aproximación de aquélla a la superficie del líquido, al haberse reducido el gradiente de tensión sobre esta superficie y por ende la del líquido inmediato a la varilla, merced al influjo del brazo. De no mantenerse el brazo en contacto con el fondo, necesariamente se tiene que limitar la velocidad de flujo del producto a 1 m/s, hasta en tanto no quede el extremo de aquél

sumergido en el producto objeto de la carga, pudiéndose entonces elevar el caudal dentro de los límites que se indicaban en la tabla 3.

Las velocidades de carga pueden controlarse haciendo uso de dos regímenes de velocidades, uno de los cuales limita las velocidades inicial y final al valor anteriormente referenciado de 1 m/s.

La carga por el fondo viene a reducir los riesgos de electricidad estática que pueden darse por un inapropiado posicionamiento del brazo de llenado. Sin embargo, en su fase inicial, la proyección ascendente del producto puede incrementar la generación de electricidad estática, efecto que puede impedirse reduciendo la velocidad de llenado o usando deflectores u otros dispositivos contra esta proyección, la cual, tratándose de productos con baja presión de vapor, origina o puede originar una niebla o atmósfera susceptible de ignición. Asimismo, en esta modalidad de carga, al introducirse la varilla de medición en el espacio libre puede originarse un destello de electricidad estática, al no poderse contar con el influjo del brazo de carga. Para evitar esta posibilidad, la varilla debería hacerse solidaria o conectarse con la cisterna por medio de cadena o cable conductor, asegurándose así la equipotencialidad. Complementariamente, se hace preciso que con carácter previo a la introducción de cualquier objeto metálico conductor (varillas metálicas de medición, sacamuestras, termómetros, densímetros, etc.), transcurra "cumplidamente" el intervalo o periodo de disipación de cargas electrostáticas (1 minuto).

#### **f) Resumen de precauciones en el trasvase de cisternas**

Como se ha mencionado, la generación de electricidad estática en el trasvase de muchos líquidos inflamables es inevitable. Ante ella las medidas a adoptar van encaminadas a controlar todas o alguna de las tres condiciones requeridas ya expuestas, para que se produzca la deflagración de los vapores.

Distinguiremos entre las medidas preventivas, que tienen por objeto evitar la existencia de atmósferas inflamables y controlar que la generación de cargas sea lo más baja posible, de aquellas otras medidas que denominaremos de protección que tienen por objeto controlar las descargas disruptivas, a fin de evitar que éstas se produzcan o bien en caso de producirse que no sean peligrosas. En este grupo de medidas de protección se encuentran las que controlan la acumulación de cargas, facilitando su eliminación gradual sin chispas.

##### Consideraremos medidas de prevención las siguientes:

- Control de atmósferas inflamables.
- Control de velocidad de flujo de líquidos y del sistema de llenado de recipientes.
- Empleo de aditivos antiestáticos.
- Instalación eléctrica y equipos protegidos.
- Control de impactos mecánicos y otros focos de ignición.

##### Consideraremos medidas de protección las siguientes:



- Interconexiones equipotenciales y la puesta a tierra.
- Control de los tiempos de relajación.
- Ropa de trabajo del personal.
- Control de la humedad ambiental y procedimientos seguros de trabajo.
- Control de atmósferas inflamables

Las principales precauciones a adoptar para impedir la acumulación de cargas en función de las características del líquido a trasvasar se resumen en la siguiente tabla.

PRESIÓN DE VAPOR DEL PRODUCTO TRANSPORTADO EN CARGA ANTERIOR	PRESIÓN DE VAPOR DEL PRODUCTO A CARGAR					
	BAJA <sup>a</sup>		INTERMEDIA <sup>b</sup>		ALTA <sup>c</sup> (ver nota 3)	
	C.S.	C.I.	C.S.	C.I.	C.S.	C.I.
BAJA	nota 2	nota 2	A,B,C,E,F,G	B,D,E,F,G	A,F	D,F
INTERMEDIA	A,B,C,E,F,G	B,D,E,F,G	A,B,C,E,F,G	B,D,E,F,G	A,F	D,F
ALTA	A,B,C,E,F,G	B,D,E,F,G	A,B,C,E,F,G	B,D,E,F,G	A,F	D,F

C.S.: carga superior; C.I.: carga inferior;  
a : flash-point  $\geq 38^{\circ}\text{C}$  (fuelóleo ligero, keroseno, diesel, fuel, jet - A)  
b : flash-point  $< 38^{\circ}\text{C}$  . P.V.Reid  $< 31\text{KPa}$  (jet - B, jp - 4, benceno, tolueno)  
c : flash-point  $< 38^{\circ}\text{C}$  . P.V.Reid  $> 31\text{KPa}$  (gasolina 100 LL, gna. auto, nafta)

A. Establecer conexión equipotencial entre brazo de llenado y compartimento antes de abrir tapas bocas de carga. Cerrar tapas antes de retirar conexión equipotencial (ver nota 1).

B. Inspeccionar el interior del compartimento ante posible existencia de objetos inductores de destello, procediendo, en su caso, a la retirada de los mismos.

C. Cargar a través de brazo de llenado, estando éste en conexión con el fondo del compartimento. En su defecto, limitar la velocidad de llenado a 1 m/s hasta que el extremo del brazo quede sumergido en el líquido objeto de carga, evitando turbulencias.

D. En la modalidad de carga por el fondo, limitar la velocidad de llenado o utilizar deflectores que impidan la formación de nieblas, minimizando la turbulencia superficial en el producto.

E. Limitar la velocidad de carga del brazo de llenado por debajo de 7 m/s ó  $V = 0,5 / d$ , siendo -V-, la velocidad máxima en m/s y -d- el diámetro interior del brazo de llenado en m.

F. Como medida preventiva, esperar al menos 1 minuto antes de efectuar mediciones con varilla metálica o tomar muestras en cúpula, una vez cargado el compartimento, asegurándose previamente de la existencia de equipotencialidad entre varilla y cisterna.

G. Establecer tiempos de relajación superiores a 30 segundos antes de trasvasar el producto inmediatamente después de haber sido filtrado o que éste haya circulado a través de filtros de malla con tamaño de poro inferior a 150 micras.

NOTAS:

1. Todas las partes metálicas del entramado de alimentación deben tener continuidad eléctrica desde el punto de conexión equipotencial.
2. Los productos de baja presión de vapor manipulados a temperaturas por encima de sus puntos de inflamación o contaminados con productos de presión de vapor intermedia o alta deben tratarse como productos con presión de vapor intermedia, evitándose, además, velocidades de flujo que puedan generar turbulencia o nieblas inflamables.
3. Los productos con alta presión de vapor manipulados a temperaturas suficientemente bajas, pueden acumular en el espacio vacío vapores dentro incluso del rango de inflamabilidad. En estas condiciones, deben cargarse como si fueran productos de presión de vapor intermedia.
4. Esta sistemática de actuación no resulta de aplicación tratándose de crudos, asfaltos, aceites residuales, productos solubles en agua, como alcoholes, o productos que contengan aditivos antiestáticos. (Estos materiales no acumulan cargas estáticas peligrosas).

Tabla 4. Resumen de precauciones a adoptar para impedir la acumulación de cargas en función de las características del líquido

### I.4.3.- Remolque-vehículo

### **I.4.3.1.- Conformidad y homologación**

Según el Anexo 5 del Reglamento nº 13 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE) — Disposiciones uniformes sobre la homologación de vehículos de las categorías M, N y O con relación al frenado, el remolque tiene que tener un sistema de frenado antibloqueo (ABS) y también un sistema de frenado de resistencia.

En caso de fallo eléctrico del sistema antibloqueo, los sistemas de frenado de resistencia integrados o combinados deberán desconectarse automáticamente.

La eficacia del sistema de frenado de resistencia estará controlada por el sistema de frenado antibloqueo de manera que, a velocidades superiores a 15 km/h, aquel no pueda bloquear los ejes que esté frenando. No obstante, este requisito no se aplicará a la parte del sistema de frenado constituida por el frenado natural del motor.

El sistema de frenado de resistencia deberá tener varios niveles de eficacia, incluido un nivel bajo para la marcha sin carga. Cuando el sistema de frenado de resistencia de un vehículo de motor esté constituido por el motor del vehículo, se considerará que las diferentes marchas ofrecen los distintos niveles de eficacia.

### **Inspección y tramitación de documentación**

A continuación se muestran unos diagramas de flujo que representan los ensayos previos al certificado de la cisterna y el vehículo y la tramitación de documentación tras el éxito de los mismos o la posible reparación de componentes en caso de no pasar correctamente estos ensayos.

### **Cisterna**

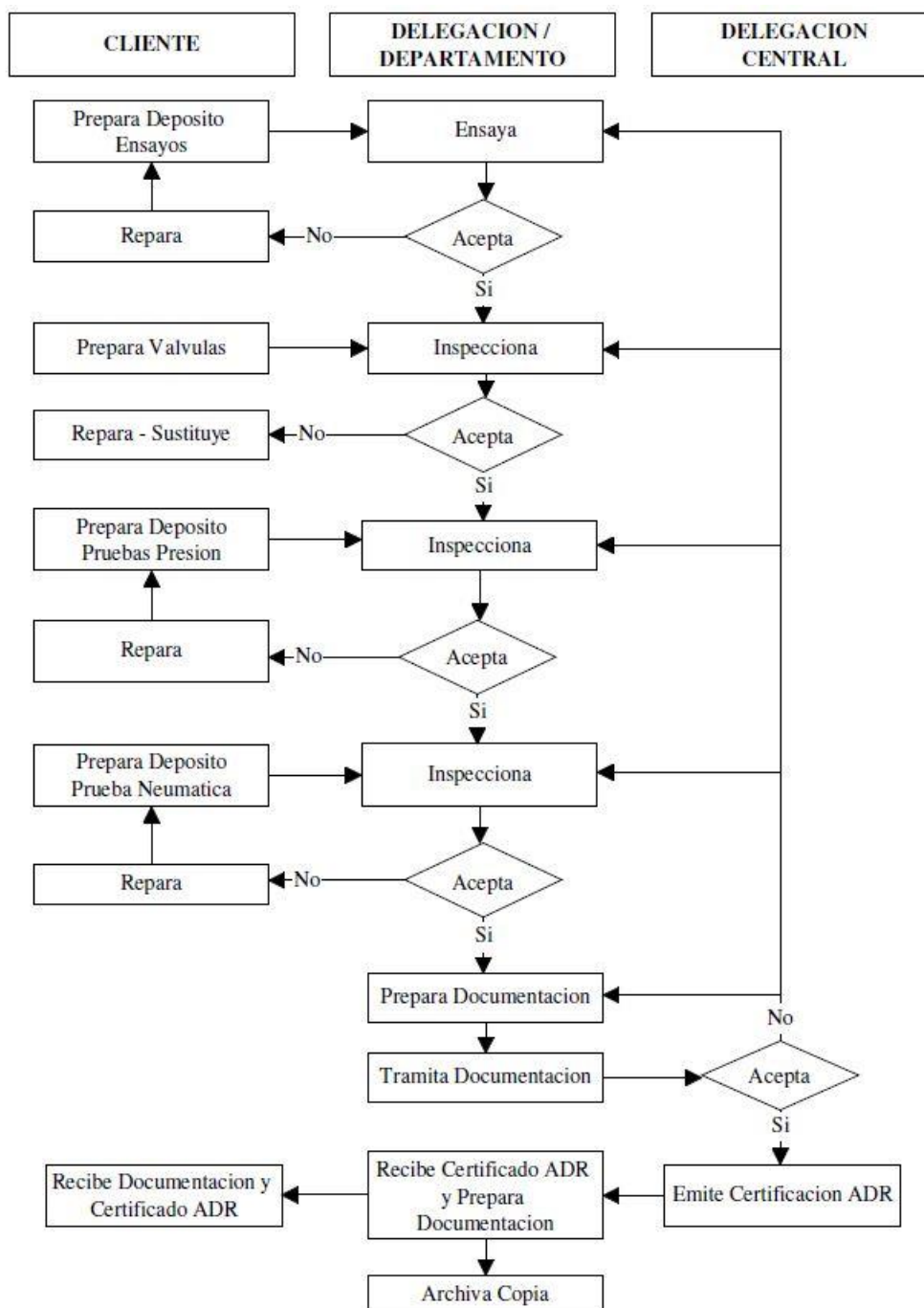


Figura 15. Diagrama de flujo para aprobación de la cisterna

## Vehículo



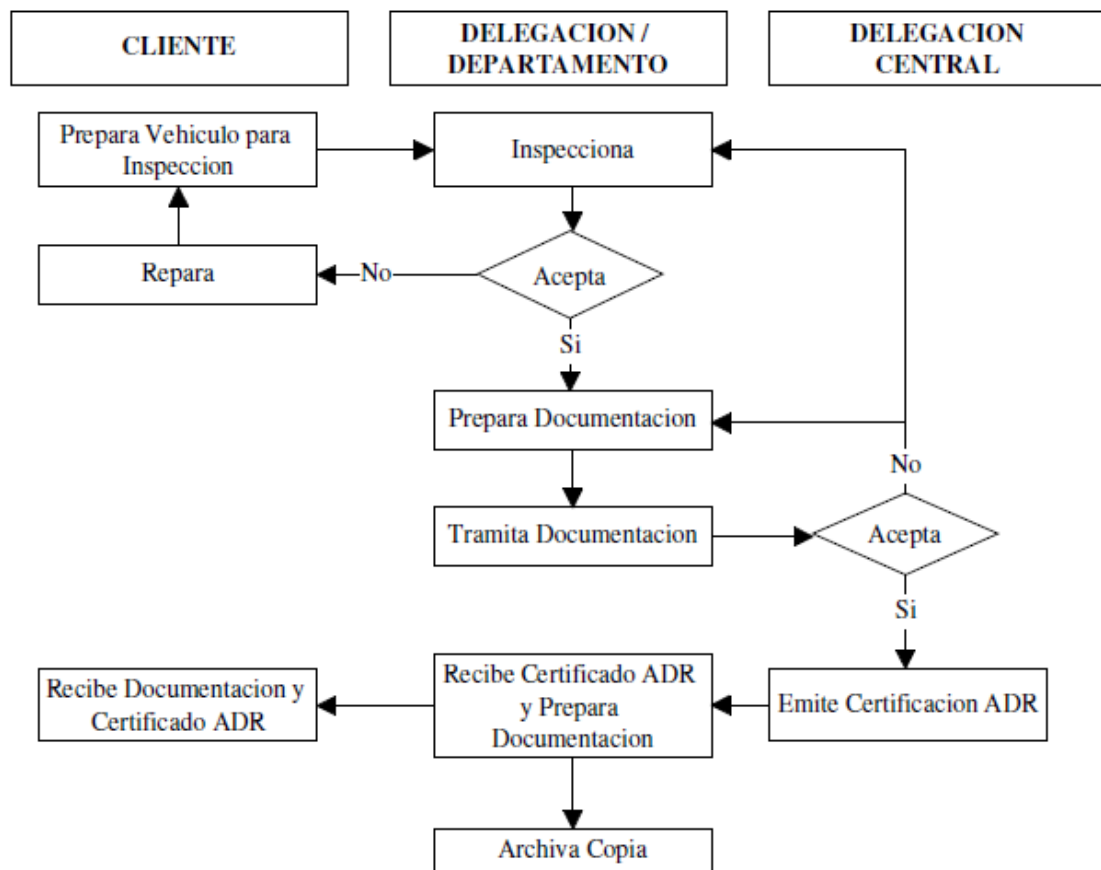


Figura 16. Diagrama de flujo para aprobación del vehículo

El Real Decreto 750/2010 abarca todas las categorías de vehículos, y nace con la intención de recoger las nuevas disposiciones de la Directiva Marco 2007/46/CEE, y evitar contradicciones entre las disposiciones Europeas y Nacionales.

A continuación se muestra una tabla con la ficha reducida según el modelo del anterior Real Decreto para la homologación del remolque.

<b>Ficha reducida. Remolque especial</b>
Número de homologación
Marca
Identificación
Tipo
Variante
Denominación comercial (marca y modelo)
Nº de identificación
Clasificación (1): Agrícola / Obras / Servicios
Genero
Emplazamiento de la placa del fabricante
Emplazamiento del número de identificación del remolque
<b>DIMENSIONES Y MASAS</b>
Distancia entre ejes o entre ejes y anillo de enganche para remolques de un solo eje
Vías en cada eje
Longitud máxima
Longitud de caja
Anchura total
Altura del piso
Altura total
Voladizo trasero
Altura libre
Tara
Masa máxima técnicamente admisible

Tabla 5. Ficha reducida. Remolque especial-1

<b>Ficha reducida. Remolque especial</b>
En el punto de enganche
En el primer eje
En el segundo eje
Masa Máxima Autorizada (M.M.A.)
<b>NEUMÁTICOS</b>
Número
Dimensiones
Índice mínimo de carga
Índice mínimo de velocidad
Apoyos delanteros
<b>FRENADO</b>
De servicio
De estacionamiento
Frenado automático en caso de rotura de enganche
<b>DISPOSITIVOS DE ALUMBRADO Y SEÑALIZACIÓN LUMINOSA</b>
Dispositivos obligatorios/facultativos
<b>ACOPLAMIENTO ENTRE TRACTOR Y REMOLQUE</b>
Mecánico
Hidráulico
Neumático
Eléctrico
<b>Fabricante</b>
<b>Representante del fabricante</b>
<b>Fecha</b>
<b>Observaciones</b>

Notas explicativas: (1) Táchese lo que no proceda

Tabla 6. Ficha reducida. Remolque especial-2

El vehículo tratamos en nuestro proyecto es un vehículo de Categoría O4, es decir, posee un remolque cuya masa máxima supera las 10 toneladas. A continuación se muestra un modelo de ficha reducida específica para este tipo de vehículos.

<b>FICHA REDUCIDA PARA LOS VEHICULOS DE LA CATEGORIA O2,O3 y O4 (CVH05)</b>				
<b>MARCA:</b>		<b>CONTRASEÑA DE HOMOLOGACIÓN:</b>		
<b>CATEGORIA:</b>				
<b>TIPO</b>	<b>VARIANTE</b>	<b>DENOMINACION COMERCIAL</b>	<b>PORTE FIJA VIN</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<b>ESQUEMA Y DIMENSIONES</b>				
<p>Emplazamiento de la placa del constructor. Señalar en el croquis con un (+).</p> <p>Emplazamiento del número de bastidor. Señalar en el croquis con una (x).</p>				
<b>VARIANTES</b>				
A.- Longitud máxima (1):				mm
B.- Voladizo delantero máximo (1):				mm
C.-Distancia max: king-ping a 1º eje trasero:				mm
D.- Distancia primer a segundo eje:				mm
E.- Distancia segundo a tercer eje:				mm
F.- Voladizo trasero máximo (1):				mm
G.- Anchura máxima (1):				mm
H.- Altura máxima (1):				mm
I.- Via del eje primero:				mm
J.- Via del eje segundo:				mm
K.- Vía del eje tercero:				mm
<b>MASAS MAXIMAS TECNICAMENTE ADMISIBLES / MASAS MAXIMAS AUTORIZADAS</b>				
Masa Total Máxima:				Kg
En el pivote de acoplamiento (King-Pin):				Kg
En el 1º eje:				Kg
En el 2º eje:				Kg
En el eje tercero:				Kg
Tara Nominal(2):				Kg

(1) En vehículos no carrozados el valor máximo para el vehículo carrozado

(2) En Vehículos no carrozados tara mínima del vehículo carrozado

Tabla 7. Ficha reducida para vehículos de la categoría 02, 03 y 04-1

<b>BASTIDOR</b> Tipo: Variante: Dimensiones máximas: Longitud: Anchura: Altura: Secciones de largueros: Secciones de travesaños: <b>APOYOS DELANTEROS</b> Tipo:	<b>NEUMÁTICOS</b> Número: Dimensiones: Índices mínimos de carga y velocidad:
<b>SUSPENSIÓN</b> Mecánica: Ballestas. Tipo: Distancia entre apoyos: Neumática: Tipo:      Marca:	<b>ACOPLAMIENTO AL VEHICULO TRACTOR</b> Mecánico:      Tipo:      Marca: Neumático:      Tipo:      Marca: Eléctrico:      Tipo:      Marca: Hidráulico:      Tipo:      Marca:
<b>EJES</b> Número: Tipo: Carga total admisible:	<b>DISPOSITIVO DE FRENADO</b> De servicio: De mantenimiento: De socorro: Automático en caso de ruptura del acoplamiento: Retardador:      Tipo:
<b>PROTECCIÓN TRASERA</b> Contraseña de homologación:	<b>SUPERFICIE TOTAL DE FRENADO</b> Calderines. Capacidad: Dispositivo antibloqueo: Marca: Tipo: Categoría:
	<b>DISPOSITIVOS DE SEÑALIZACION LUMINOSA</b>

\_\_\_\_\_, a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Fdo: \_\_\_\_\_  
 El Ingeniero  
 Colegiado n.º \_\_\_\_\_

**Nota:** Este Certificado carece de validez sin el visado del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales

Tabla 8. Ficha reducida para vehículos de la categoría O2, O3 y O4-2

## I.5.- Marcado

La cisterna llevará una placa metálica resistente a la corrosión, fijada de modo permanente. En esta placa se mostrarán los datos que se relacionan a continuación:

- número de aprobación.
- designación o marca del fabricante.
- número de serie de fabricación.
- año de construcción.
- presión de prueba (presión manométrica).
- presión exterior de cálculo (véase 6.8.2.1.7).
- capacidad del depósito - seguido del símbolo "S" dado que el depósito está dividido mediante rompeolas en secciones con una capacidad no superior a 7.500 litros.
- fecha y tipo de la última prueba sufrida "mes, año" seguido de una "P" cuando esta prueba es la prueba inicial o una prueba periódica según 6.8.2.4.1 y 6.8.2.4.2, o "mes, año" seguido por una "L" cuando esta prueba es una prueba de estanqueidad intermedia según el 6.8.2.4.3.
- cuño del perito que ha realizado las pruebas.
- material del depósito y referencia a las normas de los materiales.
- presión de prueba del conjunto del depósito en MPa o bar.

No será necesario mostrar la temperatura de cálculo ya que esta es inferior a 50°C y superior a -20°C.

Las indicaciones siguientes deben estar inscritas sobre el vehículo cisterna (sobre la cisterna propiamente dicha o sobre una placa):

- nombre del propietario o del explotador.
- masa en vacío del vehículo cisterna.
- masa máxima autorizada del vehículo cisterna.

La placa se muestra en la Tabla 9.

## I.6.- Equipamiento de la cisterna

### I.6.1.- Dispositivos de enganche del remolque

#### I.6.1.1.- Quinta rueda

Coloquialmente se denomina quinta rueda al disco situado en el medio de las 4 ruedas (2 ejes) de la cabeza tractora. Acopla un camión tractor a un semirremolque. Este disco es paralelo a la superficie del suelo y es incompleto ya que le falta una porción en forma de cuña en su parte trasera, que será dónde se realice el enganche con el remolque. Ver figura 17.



Figura 17. Ejemplo de Quinta Rueda

### **Montaje de la Quinta rueda**

Para el montaje de la Quinta rueda, ésta se puede realizar sobre un carro desplazable. El carro desplazable sirve para desplazar la quinta rueda montada y permite el ajuste de su posición final. (Ver figura 18)

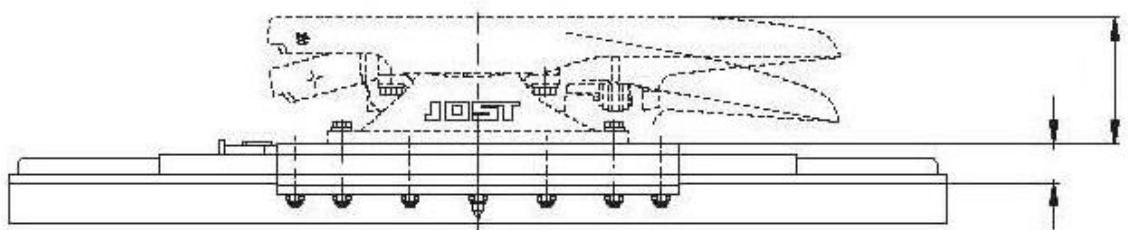


Figura 18. Quinta rueda sobre carro desplazable

El carro desplazable deberá utilizarse únicamente como dispositivo de unión entre el bastidor del vehículo (o el bastidor auxiliar del vehículo) y la quinta rueda y permitirá un montaje sin problemas de la quinta rueda, conforme a las normas DIN 74081 o ISO 3842 y a la directiva 94/20 CE, en una placa de montaje, la cual proporcionará un soporte adecuado para fijar la quinta rueda a los soportes o escuadras de fijación o al bastidor auxiliar.

### **Ubicación de la Quinta rueda**

Por otro lado, en el proceso de elección de la ubicación más idónea para la quinta rueda sobre el bastidor de la tractora intervienen, entre otros factores, los siguientes:

- tipo de chasis.
- distancia entre ejes de la cabeza tractora.
- equipamiento del chasis.
- cargas deseadas sobre los ejes.
- legislación.

La experiencia demuestra que la combinación del vehículo tiene buenas características de conducción cuando la quinta rueda de un vehículo de tres ejes se encuentra a una distancia por delante del centro teórico del bogie igual al 10 % de la distancia entre ejes. El centro teórico del bogie se puede obtener a partir de las cotas indicadas por el fabricante de la tractora.

No obstante, esta ubicación produce una carga relativamente baja sobre el eje delantero. Si se desea aumentarla, la quinta rueda suele situarse un poco más adelante.

### **Maniobrabilidad**

Para poder maniobrar libremente el tracto-camión, el voladizo delantero del semirremolque en diagonal (ángulo de barrido delantero D) no deberá ser mayor de 2040 mm. Esta cifra equivale a un voladizo delantero de 1600 mm desde el king-pin hasta el cato delantero del semirremolque con una anchura del remolque de 2500 mm.

Además, la parte posterior del tracto-camión necesita suficiente espacio para maniobras. La distancia mínima del king-pin a las patas de apoyo del semirremolque se denomina G (ver figura 19).

Se recomienda un juego adicional de 100 mm entre los radios J y G, para permitir las diferencias de ángulo necesarias entre el tracto-camión y el semirremolque. Controlar esta dimensión para un ángulo de maniobra de 90°.



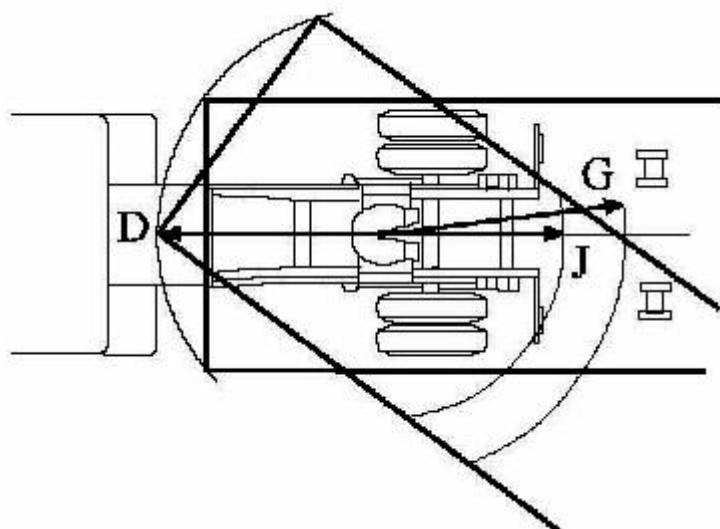


Figura 19. Esquema de los radios a tener en cuenta del semirremolque

J = máximo 1940 mm

D = máximo 2040 mm

G = máximo 2300 mm

### Uso de la Quinta rueda

A modo de ejemplo de cómo hacer un correcto uso, en la siguiente figura se describe el proceso típico de desplazamiento de la Quinta rueda estando enganchado el semirremolque para su correcta ubicación:

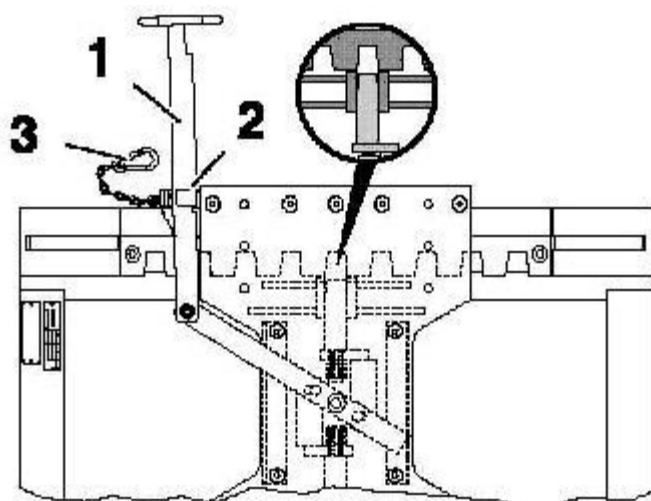


Figura 20. Esquema desplazamiento de la quinta rueda

1. Desenganchar el mosquetón (3)
2. Mover la manilla (1) hacia delante en sentido de la marcha
3. Tirar la manilla (1) hacia fuera y engancharla en el canto de enganche (2)
4. Bloquear el freno del semirremolque
5. Desplazar el vehículo tractor en la dirección deseada de la posición de la quinta rueda
6. Desenganchar la manilla (1) del canto de enganche (2), por lo cual el cierre se bloquea automáticamente con la fuerza del muelle
7. En caso necesario, desplazar el vehículo tractor adelante o atrás hasta que se cierren los dientes del bloqueo
8. Asegurar la manilla (1) enganchando el mosquetón (3).

### **I.6.1.2.- King-Pin**

El Perno Rey o King-Pin es un perno de acoplamiento entre el semirremolque y el camión situado en la parte inferior delantera del semirremolque, el cual se apoya en el centro la Quinta rueda del vehículo tractor permitiendo el giro direccional con la máxima eficacia y seguridad, proporcionando maniobrabilidad y estabilidad.

Para facilitar esta maniobra de acoplamiento, el King-pin es orientado al centro de la Quinta rueda mediante la garganta que posee ésta última.



Figura 21. Ejemplos de King-Pin

## **I.6.2.- Dispositivos de seguridad**

### **I.6.2.1.- Equipamiento de frenado**

Como ya hemos comentado anteriormente, el remolque tiene que tener un sistema de frenado antibloqueo (ABS) y también un sistema de frenado de resistencia.

En caso de fallo eléctrico del sistema antibloqueo, los sistemas de frenado de resistencia integrados o combinados deberán desconectarse automáticamente.

Los vehículos equipados con un dispositivo de frenado de resistencia que emita temperaturas elevadas, situado detrás de la pared posterior de la cabina, deberán estar provistos de un aislamiento térmico entre el dispositivo y la cisterna o el cargamento, fijado de modo sólido y colocado de tal manera que permita evitar cualquier recalentamiento, aunque sea limitado, de la pared de la cisterna o el cargamento.

Además, este aislamiento deberá proteger al aparato contra las fugas o derrames, incluso accidentales, del producto transportado. Se considerará satisfactoria una protección que tenga, por ejemplo, una capota con pared doble.

### **I.6.2.2.- Dispositivo de escape**

El dispositivo de escape (incluyendo los tubos de escape) debe dirigirse o protegerse de modo que se evite cualquier peligro para el cargamento a causa de un recalentamiento o inflamación. Las partes del escape que se encuentren directamente debajo del depósito de carburante (diesel) se deberán hallar a una distancia mínima de 100 mm o estar protegidas por una pantalla térmica.

### **I.6.2.3.- Dispositivo de limitación de velocidad**

Los vehículos a motor (portadores y tractores para semirremolques) con una masa máxima superior a 3,5 toneladas deberán ir equipados con un dispositivo de limitación de velocidad conforme a las disposiciones técnicas del Reglamento ECE Nº 89, modificado. El dispositivo se debe regular de tal manera que la velocidad no pueda exceder de 90 km/h, teniendo en cuenta la tolerancia técnica del dispositivo.

### **I.6.2.4.- Equipamiento diverso y equipos de protección personal**

Cada unidad de transporte que lleve mercancías peligrosas deberá ir equipada con los elementos de protección general y personal de acuerdo con el apartado 8.1.5.2 del ADR. Deberán seleccionarse los elementos del equipo de acuerdo con la etiqueta de peligro de las mercancías cargadas. Los números de las etiquetas se pueden identificar mediante el documento de transporte.

Toda unidad de transporte debe tener a bordo el equipamiento siguiente:

-un calzo por vehículo, de dimensiones apropiadas a la masa bruta máxima admisible del vehículo y del diámetro de las ruedas de dos señales de advertencia auto portantes.

-líquido para el lavado de los ojos

-para cada miembro de la tripulación del vehículo un chaleco o ropa fluorescente

-un aparato de iluminación portátil

-un par de guantes de protección

-un equipo de protección ocular (por ejemplo gafas protectoras).

-una máscara de evacuación de emergencia por cada miembro de la tripulación a bordo del vehículo

- una pala

- un obturador de entrada al alcantarillado

- un recipiente colector

## **I.6.3.- Equipamiento eléctrico**

### **I.6.3.1.- Canalizaciones**

Las instalaciones se deberán calcular por exceso para evitar recalentamientos. Deberán estar aisladas convenientemente. Todos los circuitos estarán protegidos por medio de fusibles o por disyuntores automáticos, exceptuando los siguientes circuitos:

- desde la batería hasta el sistema de arranque en frío y de parada del motor;
- desde la batería al alternador;
- desde el alternador a la caja de fusibles o de disyuntores;
- desde la batería al motor de arranque del motor;
- desde la batería hasta el cajetín de mando de fuerza del sistema de frenado de resistencia si éste fuera eléctrico o electromagnético;
- desde la batería hasta el mecanismo de elevación del eje del bogie;

Teniendo los circuitos anteriormente mencionados la menor longitud posible.

Las canalizaciones eléctricas deberán estar sólidamente fijadas y colocadas de tal modo que las instalaciones queden protegidas convenientemente contra las agresiones mecánicas y térmicas.

### **I.6.3.2.- Desconectador de baterías**

Se montará próximo a la batería un interruptor que permita cortar los circuitos eléctricos. Si se utiliza un interruptor mono-polar, deberá colocarse en el cable de alimentación y no en el cable de tierra.

En la cabina de conducción, se deberá instalar un dispositivo de mando para la apertura y cierre del interruptor, el cual estará claramente señalado y será de fácil acceso. Estará equipado con una tapa de protección o un dispositivo similar para evitar su accionamiento involuntario.

El interruptor deberá colocarse dentro de un cajetín con un grado de protección IP65 conforme a la norma de la Comisión electrotécnica internacional CEI 529. Las conexiones eléctricas en el interruptor tendrán un grado de protección IP54.

### **I.6.3.2.- Baterías**

Los bornes de las baterías estarán aislados eléctricamente a menos que estuvieran situadas en otra parte que no fuera bajo el capó del motor. En ese caso deberán estar fijas en un cofre de baterías ventilado sin necesidad de aislar eléctricamente los bornes.

### **I.6.3.3.- Circuitos con alimentación permanente**

Las partes de la instalación eléctrica, incluyendo los cables, que deberán permanecer en tensión cuando el desconectador de baterías esté abierto, deberán ser de características apropiadas para su utilización en una zona peligrosa.

Este equipamiento deberá satisfacer las disposiciones generales de la norma CEI 60079, partes 0 y 14 y las disposiciones adicionales aplicables de la norma CEI 60079, partes 1, 2, 5, 6, 7, 11, 15 o 18.

Para la aplicación de la norma CEI 60079 parte 14, se deberá aplicar la siguiente clasificación:

#### **ZONA 0**

Interior de los compartimentos de cisternas, accesorios de llenado y vaciado, y tuberías de recuperación de vapores.

#### **ZONA 1**

Interior de armarios de protección para el equipamiento utilizado para el llenado y vaciado, y zona situada a menos de 0,5 m de los dispositivos de aireación y válvulas de descompresión.

El equipamiento eléctrico permanentemente bajo tensión, incluyendo los cables, situado fuera de las zonas 0 y 1, deberá cumplir las disposiciones que se aplican a la zona 1 para el equipamiento eléctrico en general o las disposiciones aplicables a la zona 2 de acuerdo con la IEC 60079 parte 14 para el equipamiento eléctrico situado en la cabina del conductor.

Deberá satisfacer las disposiciones aplicables al material eléctrico del grupo pertinente de acuerdo con las materias a transportar.

Los cables de alimentación del equipamiento eléctrico permanentemente en tensión deberán ser conformes con las disposiciones de la norma CEI 60079, parte 7 (“Seguridad aumentada”) y estar protegidos por un fusible o un desconectador automático colocado lo más cerca posible a la fuente de tensión.

Las conexiones en derivación en el desconectador de baterías para el equipamiento eléctrico que deba permanecer bajo tensión, cuando se abra el desconectador de baterías, deberán estar protegidas contra una sobrecarga, por un medio apropiado tal como un fusible, un cortacircuito o un dispositivo de seguridad (limitador de corriente).

#### **I.6.3.4.- Instalación eléctrica en la parte posterior de la cabina de conducción**

##### **Canalizaciones**

Las canalizaciones situadas en la parte posterior de la cabina de conducción estarán protegidas contra los choques, la abrasión y el rozamiento durante la utilización normal del vehículo. Los cables sensores de los dispositivos de frenado antibloqueo no necesitarán una protección suplementaria. Ejemplos de protección adecuados se muestran en la figura 22.

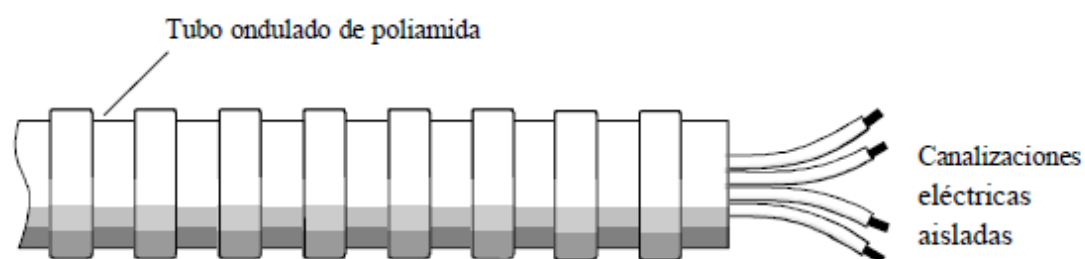


Figura N° 2

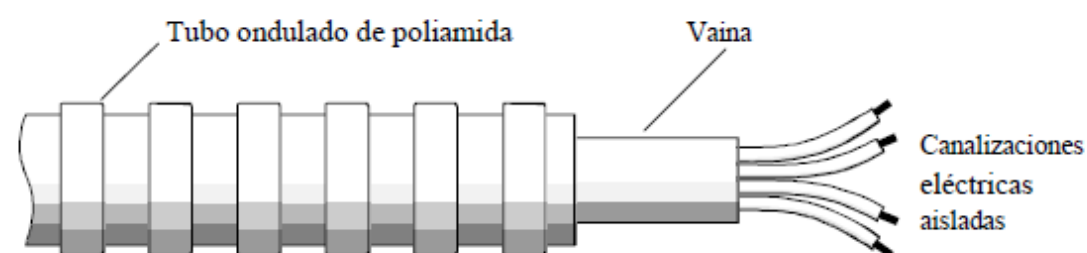


Figura N° 3

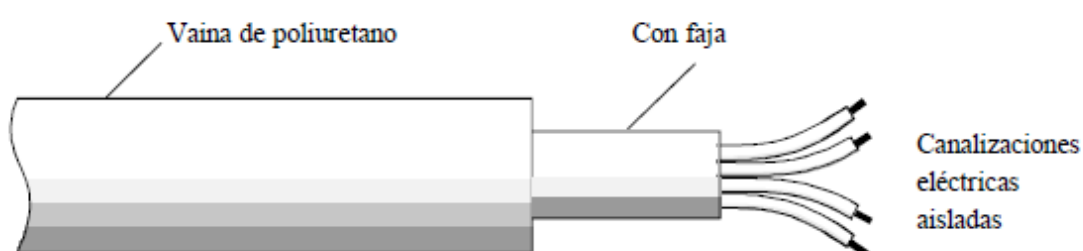


Figura N° 4

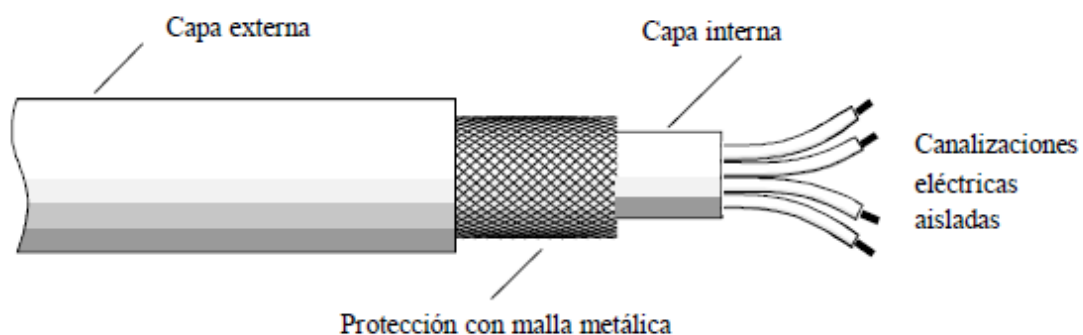


Figura 22. Ejemplos de protección de canalizaciones eléctricas

## Alumbrado

No se utilizarán nunca lámparas con casquillo a rosca.

(Ver apartado I.6.4.2).

### **Conexiones eléctricas**

Las conexiones eléctricas entre el vehículo a motor y el remolque tendrán también un grado de protección IP54 según la norma CEI 60529 y estarán diseñadas de forma que se impida cualquier derivación accidental. Las conexiones deberán ser conformes con las normas ISO 12098:2004, ISO 7638:2003 y EN 15207:2006, según corresponda.

## **I.6.4.- Señalización y alumbrado**

### **I.6.4.1.- Señalización**

#### **Placa de identificación**

La placa de identificación se fijará con carácter permanente no desmontable, en lugar visible y donde no pueda dañarse con facilidad. Es aconsejable fijarla sobre un soporte suficientemente rígido. (Ver apartado I.5).

Será de un metal resistente a la corrosión, preferiblemente acero inoxidable y sus dimensiones serán de 200 x 100 x 1 mm.

El formato será el de la siguiente tabla

<b>Nombre del fabricante:</b>						
Número de Homologación		Volumen Litros Compartimento s		Presión Prueba Comparti mentos	Inspección y Control del Depósito	
		Nº 1				(1)
Número de fabricación .....		Nº 2				
Año de Construcción .....		Nº 3				
Presión de Prueba .....	Kgs./cm <sup>2</sup> .	Nº 4				
Presión de Servicio .....	Kgs./cm <sup>2</sup> .	Nº 5				
Temperatura de Cálculo ...	+ - °C	Nº 6				
Temperatura mínima de carga .....		Nº 7				
Material del Depósito		Revestimiento Protector				

(1) Marcar el tipo de inspección realizada I, T, S, N ó E.

Tabla 9. Placa de identificación

### **Paneles naranja**



Los vehículos que transporten mercancías peligrosas de manera general y salvo que no excedan de determinadas cantidades dependiendo de la mercancía transportada, deben estar señalizados de la siguiente manera:

#### Transporte de mercancías en cisternas y a granel

Cuando se transporta un solo producto en la parte delantera y trasera del vehículo dispondrán de un panel naranja retro-reflectante indicando en la parte superior del mismo la peligrosidad del producto y en la parte inferior se indica el número internación o UN de la mercancía. Además en cada lateral de la cisterna y en la parte trasera se pondrá una etiqueta indicando la peligrosidad de la mercancía, como se muestra en la figura 23.



Figura 23. Esquema de situación de los paneles naranja

Los paneles naranja deben ser retro-reflectantes y deberán tener una base de 40 cm y una altura de 30 cm; llevarán un ribete negro de 15 mm. El material utilizado debe ser resistente a la intemperie y garantizar una señalización duradera. El panel no deberá separarse de su fijación después de un incendio de una duración de 15 minutos. Los paneles naranja pueden presentar en el medio una línea horizontal con una anchura de 15 mm. Si el tamaño y la construcción del vehículo son tales que la superficie disponible sea insuficiente para fijar estos paneles naranja, sus dimensiones podrán ser reducidas hasta 300 mm para la base, 120 mm para la altura y 10 mm para el reborde negro.

El número de identificación de peligro y el número ONU deberán estar constituidos por cifras negras de 10 cm de altura y de 15 mm de espesor. El número de identificación de peligro deberá inscribirse en la parte superior del panel y el número ONU en la parte inferior; estarán separados por una línea negra horizontal de 15 mm de espesor que atraviese el panel a media altura. El número de identificación de peligro y el número de ONU deberán ser indelebles y permanecer visibles después de un incendio de una duración de 15 minutos.

Nuestro caso se ilustra en la siguiente figura.



Figura 24. Panel Naranja de la mercancía peligrosa “Bebidas Alcohólicas”.

### **Placas-etiquetas y marca de “sustancia peligrosa para el medio ambiente”**

Los vehículos que transporten mercancías peligrosas en cisternas o a granel deben ir señalizados con Placas-etiquetas (etiquetas de peligro para vehículos). Los vehículos llevarán las etiquetas de peligro que correspondan a la mercancía o mercancías transportadas colocadas de diferente forma según el tipo de cisterna (vehículo cisterna, contenedor cisterna, a granel, etc).

Para una cisterna fija llevará una etiqueta en cada lateral y otra en la parte posterior

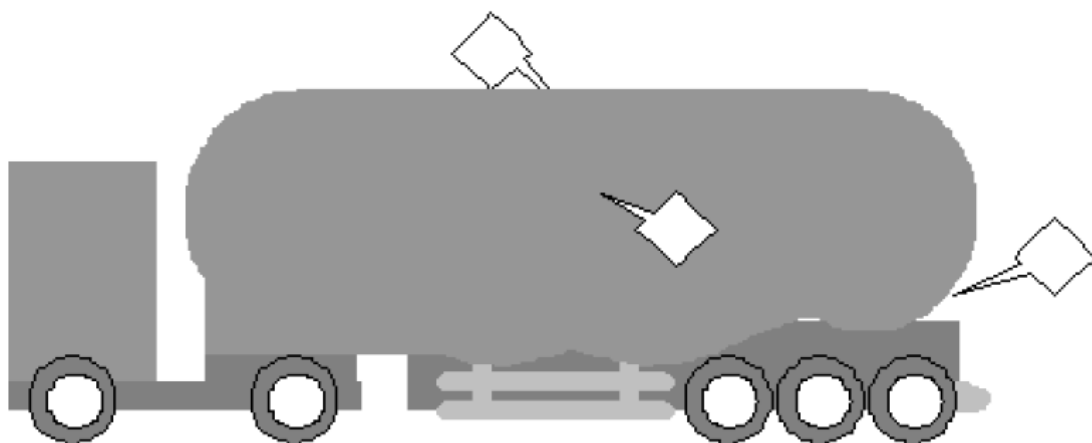


Figura 25. Esquema de situación de las placas-etiquetas

Una placa-etiqueta deberá:

- Tener unas dimensiones mínimas de 250 mm por 250 mm, con una línea de 12,5 mm por dentro del borde y paralela a este. En la mitad superior de la etiqueta la línea

debe tener el mismo color que el signo convencional y en la mitad inferior debe tener el mismo color que la cifra de la esquina inferior.

-Corresponder a la etiqueta para la mercancía peligrosa en cuestión en lo que se refiere al color y al símbolo.

-Llevar el número o las cifras en cifras de al menos 25 mm de altura.



Figura 26. Placa-etiqueta de peligro por inflamabilidad

Los bultos que contengan materias peligrosas para el medio ambiente, deberán ir marcados, de manera duradera, con la marca para las “materias peligrosas para el medio ambiente”. Sus dimensiones deberán ser de 100 mm × 100 mm.



Figura 27. Etiqueta de Materia peligrosa para el medio ambiente

#### **I.6.4.2.- Alumbrado**

Es obligatorio que la cisterna tenga, como cualquier otro vehículo, un determinado sistema de alumbrado formado por:

- Luces de freno
- Luces de posición
- Luz indicadora de cambio de dirección

## II.-CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

### II.1.- Determinación de paredes, fondos, cierres, aberturas

Según el ADR y siguiendo la norma UNE EN 13094/2008 (Diseño y Construcción de Cisternas metálicas para el transporte de mercancías peligrosas con una presión de servicio de hasta 0,5 bar), el espesor del depósito no será menor que el mayor de los valores calculados por las siguientes fórmulas:

$$e = \frac{P_{ep} D_{eq}}{2\sigma\lambda}; \quad e = \frac{P_{cal} D_{eq}}{2\sigma}$$

En las que:

- $e$  = espesor mínimo del depósito en mm
- $P_{ep}$  = presión de prueba en MPa, definida en el apartado I.4.1.3
- $P_{cal}$  = presión de cálculo en MPa, definida en el apartado I.4.1.3
- $D_{eq}$  = diámetro equivalente interior del depósito en mm.
- $\sigma$  = tensión admisible definida en el apartado 6.8.2.1.16 del ADR en N/mm<sup>2</sup>.
- $\lambda$  = coeficiente menor o igual que 1, teniendo en cuenta el posible debilitamiento debido a las juntas soldadas, y vinculado a los métodos de control definidos en el apartado 6.8.2.1.23. del ADR. En nuestro caso es de 0,8.

La presión de prueba máxima, según el ADR, debe ser superior a la presión creada por una columna de agua igual a dos veces la profundidad de la cisterna y además superior a 1,3 veces la presión de servicio máxima. Por lo tanto la presión de ensayo será:

$$P_{ep} \geq 2 \cdot \rho_{agua} \cdot g \cdot h = 31392 \text{ Pa} = 0,031392 \text{ Mpa}$$

Siendo:

- Densidad del agua  $\rho_{agua} = 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$
- Aceleración de la gravedad  $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- Altura de la cisterna  $h = 1600 \text{ mm}$

Pero ya que tiene que ser superior a 1,3 veces la presión de servicio máxima, definida en I.4.1.3, utilizaremos como presión de prueba 0,04 Mpa.

Dado que el depósito tiene sección elíptica, no tiene sentido hablar de Diámetro interior del depósito, sino de un diámetro que sea equivalente a este último, el cual utilizaremos para los cálculos.

En el apartado I.4.1.3 se definen como radios de la sección elíptica a y b con valores de 1000 mm y 800 mm respectivamente. Por lo tanto el área de la sección se calculará de la siguiente forma:

$$\text{Área} = \pi \cdot a \cdot b = 2513274,123 \text{ mm}^2$$

Si igualáramos el área de la elipse con el área de un círculo equivalente obtendríamos la siguiente expresión:

$$\text{Área elipse} = \text{Área círculo} = \pi \frac{D_{eq}^2}{4}$$

Y por lo tanto

$$D_{eq} = \sqrt{\frac{2513274,123 \times 4}{\pi}} = 1788,85 \text{ mm}$$

La tensión  $\sigma$  según el ADR tiene que ser la menor de estas dos:

$$\sigma \leq 0,75 Re \quad \text{ó} \quad \sigma \leq 0,5 Rm$$

Siendo Re y Rm valores propios del acero inoxidable escogido definidos en el apartado I.4.1.3.

$$0,75 \cdot Re = 180 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$0,5 \cdot Rm = 270 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Por lo tanto la tensión  $\sigma$  utilizada en los cálculos será de 180 N/mm<sup>2</sup>.

El espesor no será menor del mayor resultado de estas dos expresiones:

$$e = \frac{P_{ep} D_{eq}}{2\sigma\lambda} = 0,248 \text{ mm} \quad \text{ó} \quad e = \frac{P_{cal} D_{eq}}{2\sigma} = 0,293 \text{ mm}$$

Aun dándonos como resultado un espesor de al menos 0,3 mm, el ADR especifica que el espesor mínimo de la cisterna no sea inferior a los dictados en la tabla 10, en función del material con el que se fabrique la cisterna y del diámetro de la misma.

	<b>Diámetro del depósito</b>	<b>≤ 1.80 m</b>	<b>&gt; 1.80 m</b>
Espesor mínimo del depósito	Aceros inoxidables austeníticos	2,5 mm	3 mm
	Aceros inoxidables austeno-ferricos	3 mm	4 mm
	Otros aceros	3 mm	4 mm
	Aleaciones de aluminio	4 mm	5 mm
	Aluminio de pureza 99,80%	6 mm	8 mm

Tabla 10. Espesores mínimos de depósitos según material y diámetros

Para tener cierto grado de seguridad, decidimos que el espesor de la cisterna será de 5 mm en todas sus secciones.

## II.2.- Grado de llenado

Como describimos en I.4.1.1 la expresión para calcular el grado de llenado es la siguiente:

$$\text{Grado de llenado} = \frac{100}{1 + \alpha(50 - t_f)} \%$$

Siendo:

- $t_f$  la temperatura media del líquido en el momento de llenado
- $\alpha$  coeficiente medio de dilatación cúbica del líquido entre 15 C° y 50 C°.

Como ya hemos dicho, el producto que contendrá nuestra cisterna será el nº ONU 3065 Bebidas Alcohólicas (con más del 24% pero no más del 70% de alcohol en volumen), es decir, una mezcla de alcohol etílico (etanol) y agua, considerada como mercancía peligrosa.

En nuestro caso particular y por consiguiente un dato importante a tener en cuenta en los cálculos a descritos a partir de ahora, nuestra mezcla tendrá un 50% de alcohol en volumen de agua, es decir, 50% agua y 50% etanol.

### II.2.1.- Cálculo de densidades

Para el cálculo de  $\alpha$  es necesario conocer la densidad del producto a las temperaturas de 15 C° y 50 C°

Densidad del agua:

$$-\rho \text{ a } 15^\circ\text{C} = 999,19 \text{ Kg/m}^3$$

$$-\rho \text{ a } 50^\circ\text{C} = 988,02 \text{ Kg/m}^3$$

Densidad del etanol:

$$-\rho \text{ a } 15^\circ\text{C} = 793,67 \text{ Kg/m}^3$$

$$-\rho \text{ a } 50^\circ\text{C} = 764,08 \text{ Kg/m}^3$$

Para el cálculo de la densidad del producto final necesitaremos saber los pesos molares de cada compuesto.

Peso molar del Agua = 18 Kg/mol

Peso molar del Etanol = 46 Kg/mol

Con la siguiente expresión calcularemos los moles de cada sustancia en la solución final

$$\text{Volumen} \times \frac{\text{Densidad}}{\text{Peso molecular}} = n^{\circ} \text{ Moles}$$

Por lo tanto para 15 C°

$$1 \text{ l de agua} \times \frac{0,99919 \frac{\text{kg}}{\text{l}}}{18 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}} = 2,7755 \text{ moles}$$

$$1 \text{ l de etanol} \times \frac{0,79367 \frac{\text{kg}}{\text{l}}}{46 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}} = 0,86268 \text{ moles}$$

En dos litros de solución hay un total de 3,63818 moles de los cuales el 23,71% de los moles son de etanol y el 76,29% restante son de agua. Esto es válido tanto para 15 C° como para 50 C°.

La densidad final de la solución se calcula con la siguiente expresión:

$$d_{15 \text{ C}^{\circ}} = 0,7629 \times 0,99919 \frac{\text{kg}}{\text{l}} + 0,2371 \times 0,79367 \frac{\text{kg}}{\text{l}} = 0,95044 \frac{\text{kg}}{\text{l}}$$

Y para 50 C°

$$d_{50 \text{ C}^{\circ}} = 0,7629 \times 0,98802 \frac{\text{kg}}{\text{l}} + 0,2371 \times 0,76408 \frac{\text{kg}}{\text{l}} = 0,93599 \frac{\text{kg}}{\text{l}}$$

Una vez calculadas las densidades del producto a esas temperaturas nos disponemos a calcular  $\alpha$ :

$$\alpha = \frac{d_{15} - d_{50}}{35 \times d_{50}} = 4,44109 \times 10^{-4}$$

y el grado de llenado:

$$\text{Grado de llenado} = \frac{100}{1 + \alpha(50 - tf)} \% = 98,48\%$$

Para disponer de un cierto grado de seguridad, no superaremos nunca un grado de llenado máximo del 90%.

## II.3.- Determinación del esfuerzo en los accesorios de la cisterna



## II.3.1.- Determinación del número y cálculo de durmientes

### II.3.1.1.- Cálculo de fuerzas actuantes y momentos

El peso del volumen transportado en el compartimento ( $M_p$ ) se puede obtener conociendo las dimensiones de la cisterna y el volumen de la sustancia a transportar a temperatura ambiente.

Sabiendo que la expresión del volumen es

$$Volumen = \text{Área} \times Longitud$$

Utilizando unidades del sistema internacional obtenemos

$$M_p' = Volumen \cdot \rho \cdot g = 950,44 \frac{kg}{m^3} \times (0,8\pi)m^2 \times 12m \times 9,81 \frac{m^2}{s} = 281199,67N$$

$$M_p' \approx 281200N$$

Pero para el cálculo del peso del volumen transportado en el compartimento es necesario tener en cuenta el grado de llenado asumido, en nuestro caso de un 90%

$$M_p = 281200 \times 0,9 = 253080N$$

Conociendo la densidad del acero, podemos aproximar el peso que este tiene sabiendo el volumen que ocupa, de una manera similar a lo calculado anteriormente. Según la tabla 1 del apartado I.4.1.3 la densidad del acero AISI 316L es de  $8000 \text{ Kg/m}^3$ . Y el volumen que este ocupa se puede calcular restando el volumen total hipotético que tendría una cisterna maciza de este acero menos otra cisterna maciza de menor sección teniendo en cuenta el espesor, esto es, el volumen que ocupa el espesor:

$$V_{5mm} = 12m \times \pi \times (0,8 \times 1 - 0,795 \times 0,995)m^2 = 0,33835m^3$$

Peso de la cisterna vacía P (Peso bruto)

$$P = V_{5mm} \cdot \rho \cdot g = 0,33835m^3 \times 8000 \frac{kg}{m^3} \times 9,81 \frac{m^2}{s} = 26553,67N$$

Y por lo tanto, el peso de la cisterna llena (Q), con el que se harán los cálculos de esfuerzos y momentos será la suma del peso de la cisterna vacía más el peso del producto:

$$Q = M_p + P = 279633,67N$$

El cálculo de esfuerzos y momentos se hace modelizando la plataforma o bastidor del vehículo proporcionado por el fabricante como una barra biapoyada, cuyo apoyo trasero representa los ejes del vehículo y el delantero la quinta rueda.

La masa del contenedor cisterna y su carga se consideran como una carga puntual situada en el centro de gravedad del mismo.

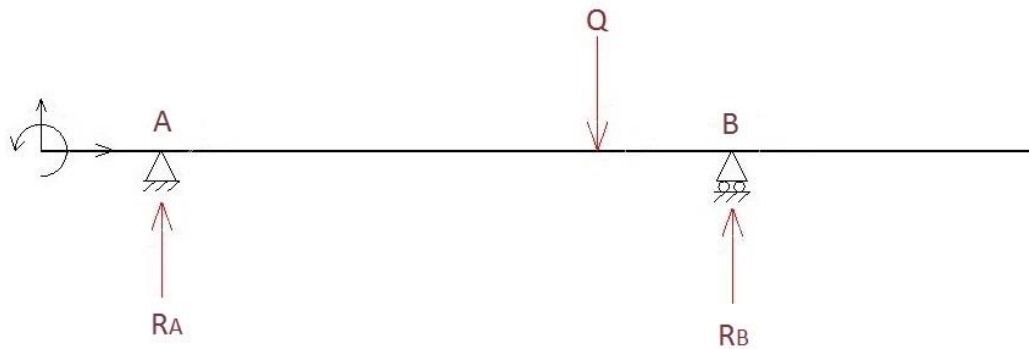


Figura 28. Simplificación de la carga sobre barra biapoyada

Las distancias a tener en cuenta son:

- Longitud total de la plataforma ( $L_t$ ) = 13650 mm
- Longitud de la cisterna ( $L$ ) = 12000 mm
- Distancia entre apoyos ( $L_{ep}$ ) = 7806 mm
- Distancia del soporte trasero ( $L_b$ ) = 4159 mm

Una vez conocidas estas distancias y sabiendo que la cisterna irá colocada lo más próximo a la parte posterior de la plataforma, coincidiendo el final de la cisterna con el final de la plataforma, se definen las siguientes distancias:

- Distancia del soporte delantero a la carga  $Q$  ( $M$ ) = 5965 mm
- Distancia de la carga  $Q$  al soporte trasero ( $V$ ) = 1841 mm

En la siguiente figura se muestra la barra biapoyada con sus cotas

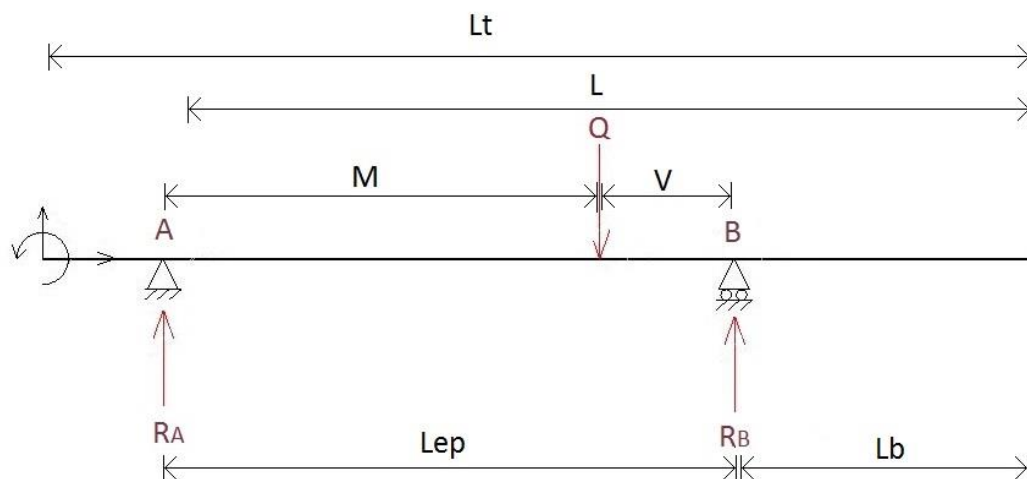


Figura 29. Barra biapoyada acotada

Para el posterior cálculo de los diagramas de esfuerzos y para poder comprobar la fiabilidad de la cisterna con las cargas que soporta, es necesario conocer el valor de las reacciones que sufren los apoyos.

Aplicando las leyes de resistencia de materiales tenemos que:

$$\sum M_B = 0 \rightarrow -R_A \times Lep + Q \times V = 0 \rightarrow R_A = \frac{Q \times V}{Lep} = 65950N$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow R_A + R_B = Q \rightarrow R_B = Q - R_A = 213684N$$

### II.3.1.1.1.- Diagramas de esfuerzos

Los valores numéricos de los esfuerzos cortantes y momentos flectores (no habrá esfuerzos axiales), quedan definidos con las siguientes ecuaciones, aplicando los principios de resistencia de materiales. Considerando el apoyo delantero como origen, la coordenada “x” toma valores de izquierda a derecha en el siguiente tramo:

#### Tramo A-Q

$$N(x) = 0 \text{ N};$$

$$V(x) = R_A = 65950 \text{ N}$$

$$M(x) = R_A \cdot X$$

$$\text{Para } x = 0 \text{ mm} \rightarrow M = 0 \text{ Nmm}; \text{ Para } x = 5965 \text{ mm} \rightarrow M = 393391750 \text{ Nmm}$$

Considerando el apoyo trasero como origen, la coordenada “x” toma valores de derecha a izquierda en el siguiente tramo:

#### Tramo Q-B

$$N(x) = 0 \text{ N};$$

$$V(x) = -R_B = -213685 \text{ N}$$

$$M(x) = R_B \cdot X$$

$$\text{Para } x = 0 \text{ mm} \rightarrow M = 0 \text{ Nmm}; \text{ Para } x = 1851 \text{ mm} \rightarrow M = 393391750 \text{ Nmm}$$

Los resultados quedan reflejados en los siguientes diagramas de esfuerzos

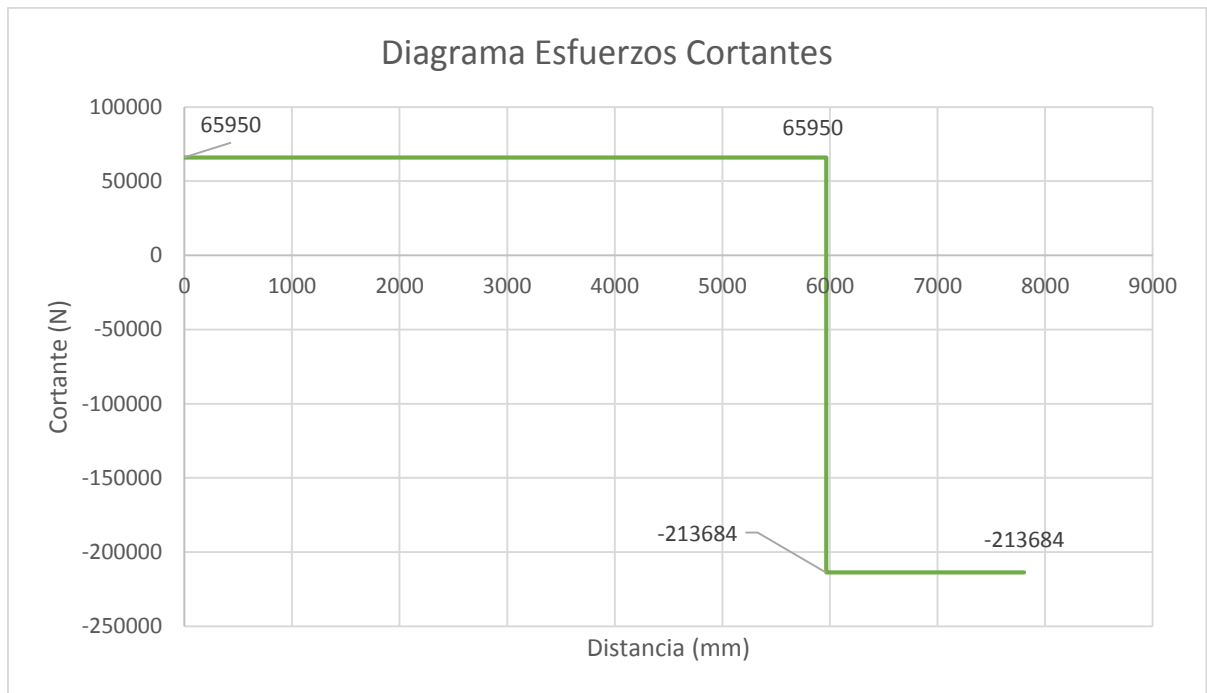


Figura 30. Diagrama de Esfuerzos Cortantes

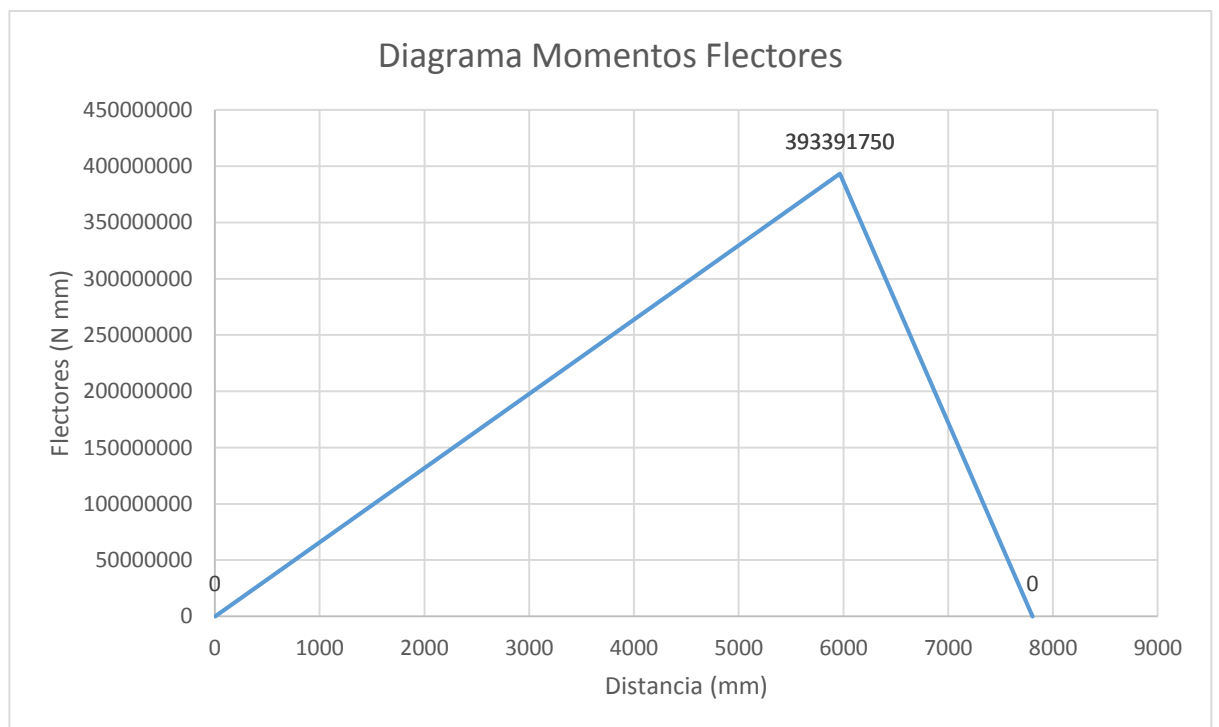


Figura 31. Diagrama de Momentos Flectores

El valor de esfuerzo cortante máximo es el valor de la fuerza de reacción del apoyo trasero:

$$R_B = 213684 \text{ N}$$

El valor que corresponde al máximo momento flector es:

$$M = 393391750 \text{ N mm}$$

Se ha utilizado el programa MEFI con el fin de comprobar que tanto el resultado obtenido como las ecuaciones empleadas han sido correctos. Las unidades utilizadas en el programa son el Newton y el Metro.

CISTERNA (estado 1)  
Esfuerzos cortantes

MEFI

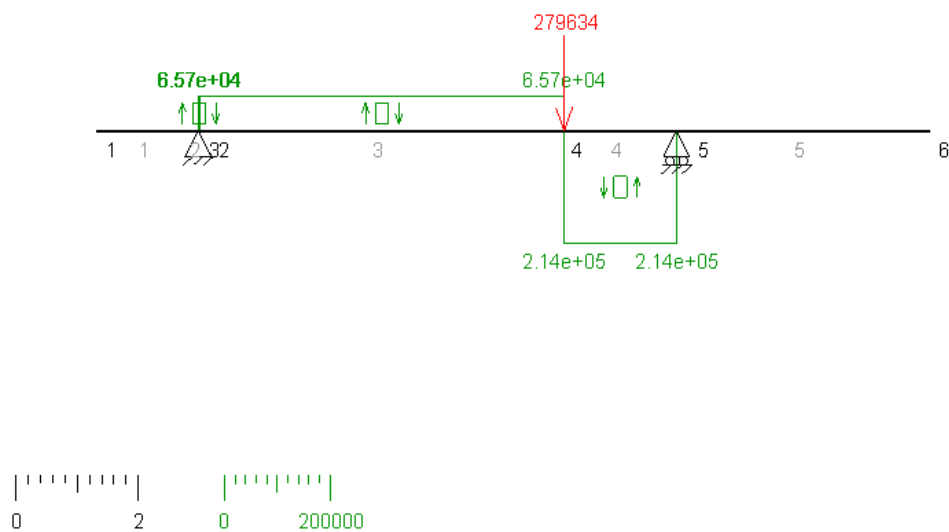


Figura 32. Diagrama de Esfuerzos Cortantes MEFI

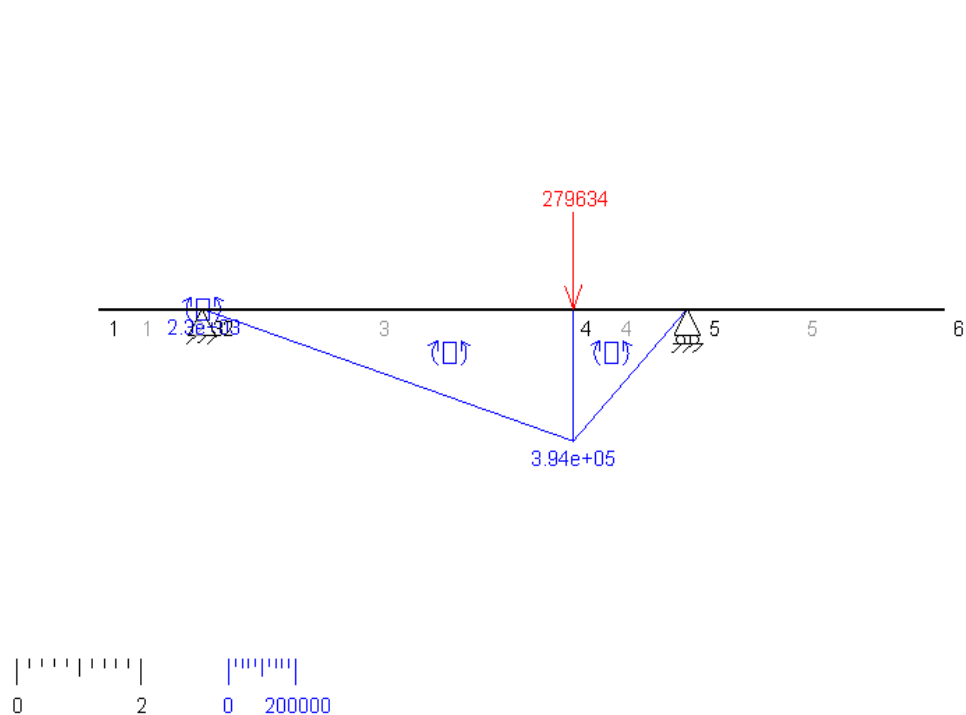


Figura 33. Diagrama de Momentos Flectores MEFI

Como se puede apreciar, los diagramas de esfuerzos cortantes y momentos flectores son similares en los dos casos, por lo que se puede deducir que se han calculado correctamente.

### II.3.1.1.2.- Esfuerzos Dinámicos

#### En las condiciones normales de transporte

Para calcular el esfuerzo máximo producido el momento de flexión máximo es necesario conocer el módulo de sección mínimo de la sección transversal de la pared del depósito sobre el eje neutro horizontal en el que se produce dicho momento.

Sabemos que para una sección elíptica, la expresión para calcular el módulo de sección es la siguiente:

$$Z_t = \frac{\pi \cdot a \cdot b^2}{4}$$

Siendo aquí:

- $Z_t$  el módulo de sección
- $a$  el semieje mayor de la elipse
- $b$  el semieje menor de la elipse

Por lo tanto para una sección elíptica hueca, deducimos la siguiente expresión para calcular el módulo de sección:

$$Z_t = \frac{\pi \cdot (a \cdot b^2 - a' \cdot b'^2)}{4}$$

Siendo aquí datos nuevos

- $a'$  el semieje mayor de la elipse menos el espesor
- $b'$  el semieje menor de la elipse menos el espesor

Y sabemos por el apartado I.4.1.3 los radios de la sección elíptica, por lo que en este apartado  $a$  y  $b$  valen 1000 mm y 800 mm respectivamente.

$$Z_t = \frac{\pi \cdot (a \cdot b^2 - a' \cdot b'^2)}{4} = 8.745.506,724 \text{ mm}^3$$

El esfuerzo de flexión será:

$$\sigma_x = \frac{B_m \max}{Z_t}$$

Siendo:

- $\sigma_x$  el esfuerzo a flexión
- $B_m \max$  el valor del momento máximo, calculado en el apartado II.3.1.1.2

$$\sigma_x = \frac{393391750 \text{ N mm}}{8.745.506,72 \text{ mm}^3} = 44,98 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Para calcular el esfuerzo que se produce debido a la tracción primero se calcula la Fuerza provocada y después el esfuerzo, sabiendo el perímetro y el espesor.

$$T1 = P_{ms} \times S_t = 80424,71 \text{ N}$$

Siendo:

- T1 la Fuerza debida a la tracción
- Pms Presión de servicio máxima según I.4.1.3
- $S_t$  Área transversal interna de la pared del depósito según II.1

Y sabiendo que el perímetro " $l$ " se puede calcular mediante la siguiente aproximación:

$$l = 2\pi \sqrt{\frac{a^2 + b^2}{2}} = 5689,66 \text{ mm} \cong 5690 \text{ mm}$$

Calculamos

$$\sigma_{tr} = \frac{T1}{l \times e_v} = 2,83 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Ya que  $e_v$  es el espesor de la pared del depósito, de 5 mm.

Para calcular el esfuerzo debido a la presión estática calculamos la fuerza y operamos de manera similar

$$T2 = P_{ta1} \times S_t = 33743,97 \text{ N}$$

Siendo  $P_{ta1}$  la presión debida a una columna de agua de altura igual a la cisterna.

$$\sigma_{ta} = \frac{T2}{l \times e_v} = 1,19 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Y el esfuerzo combinado en las condiciones normales de transporte  $\sigma_1$  se calcula con la siguiente expresión:

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_{tr} + \sigma_{ta}}{\lambda} = 61,25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Un valor menor que la  $\sigma_{max}$  permitida en las condiciones de servicio.

La tensión  $\sigma_{max}$  para las condiciones de servicio según la norma UNE EN 13094 es:

$$\frac{Re}{1,5} = 160 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

### **En las condiciones dinámicas de transporte**

Para asegurar el funcionamiento con cierto grado de seguridad, según norma, se calcula esfuerzo combinado en condiciones de presión durante el transporte, con presión estática y 2 g vertical.

$$\sigma_2 = \frac{2\sigma_x + \sigma_{tr} + \sigma_{ta}}{\lambda} = 117,47 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 160 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

También un valor menor que la  $\sigma_{max}$  permitida en las condiciones de servicio.

A continuación calculamos el esfuerzo debido a la fuerza longitudinal del producto en la cisterna con 2g.

La carga útil Q según II.3.1.1 vale 279633,67N

Y  $\sigma_t$  es el esfuerzo debido a la fuerza longitudinal del producto con 2g.

$$\sigma_t = \frac{2Q}{l \times e_v} = 19,66 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 160 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Y por último calculamos el esfuerzo combinado en condiciones de presión durante el transporte, con 1 g vertical y 2 g longitudinal, siguiendo la norma:

$$\sigma_3 = \frac{2\sigma_{tr} + \sigma_x + \sigma_t}{\lambda} = 87,88 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 160 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

### **II.3.1.2.- Sistema de anclaje e izado**

### **II.3.1.3.- Protecciones y sistema antivuelco**



La protección completa de la parte superior de la cisterna debe diseñarse para soportar, sin deformación permanente, una carga estática, aplicada verticalmente, igual a dos veces la masa total (en carga) del camión cisterna.

#### **II.3.1.4.- Cálculo de soldaduras**

Las uniones soldadas se ejecutarán perfectamente y deberán ofrecer una garantía total de seguridad.

El constructor que ejecute los trabajos de soldadura será de aptitud reconocida por la autoridad competente. Los trabajos de soldadura se realizarán por soldadores cualificados, de acuerdo con un procedimiento de ensayo, cuya calidad (incluidos los tratamientos térmicos necesarios), haya sido refrendada mediante un ensayo del procedimiento. Los ensayos no destructivos se realizarán mediante radiografías o por ultrasonidos y habrán de confirmar que la ejecución de las soldaduras corresponde a las solicitudes.

Como la  $\lambda$  escogida para el cálculo es de 0,8, los cordones de soldadura se verificarán, en lo posible, visualmente por las dos caras y se someterán, por muestreo, a un control no destructivo. Deberán ser ensayados todos los nudos de soldaduras y una longitud de soldadura igual o superior al 10 % de las soldaduras longitudinales, circulares y radiales (en los fondos de la cisterna).

Si la autoridad competente tuviera dudas acerca de la calidad de los cordones de soldadura, podrá ordenar la realización de controles suplementarios.

#### **II.3.2.- Estabilidad de la cisterna**

El ancho total de la superficie de apoyo en la calzada (la distancia que hay entre los puntos de contacto exteriores de los neumáticos derecho e izquierdo de un mismo eje con la calzada) deberá ser, como mínimo, igual al 90% de la altura desde el centro de gravedad, de los vehículos cisterna cargados.

En nuestro caso esa distancia es de 2410 mm (ver apartado III Planos) y la altura del centro de gravedad de la cisterna será la suma de la altura de la plataforma más el radio vertical de la cisterna, es decir un total de 2005 mm, por lo tanto muy inferior al valor requerido por el ADR.

Por otro lado a continuación se describen los métodos para abordar el cálculo de la estabilidad tanto lateral como longitudinalmente, es decir, de cómo calcular la pendiente máxima superable por un vehículo.

##### **II.3.2.1.- Estabilidad lateral**

La pendiente máxima superable para que el vehículo no vuelque viene dada por la siguiente expresión:

$$\alpha = \arctang\left(\frac{d}{2 \cdot hcg}\right)$$

Donde:

- d es el ancho de vías menor en mm
- hcg es la altura del centro de gravedad en mm y se calcula según la expresión:

$$hcg = \frac{hb \cdot Tara + hcu \cdot Qútil}{MMA}$$

Donde:

- hb es la altura del suelo plano al bastidor, en mm
- Qútil el valor de la carga útil, en las mismas unidades que se pongan la Tara y MMA (kg)
- hcu es la altura del centro de gravedad de la carga útil, en mm, y se calcula según la expresión:

$$hcu = hb + \frac{h - hb}{2}$$

En la siguiente figura se muestran visualmente todos los parámetros necesarios.

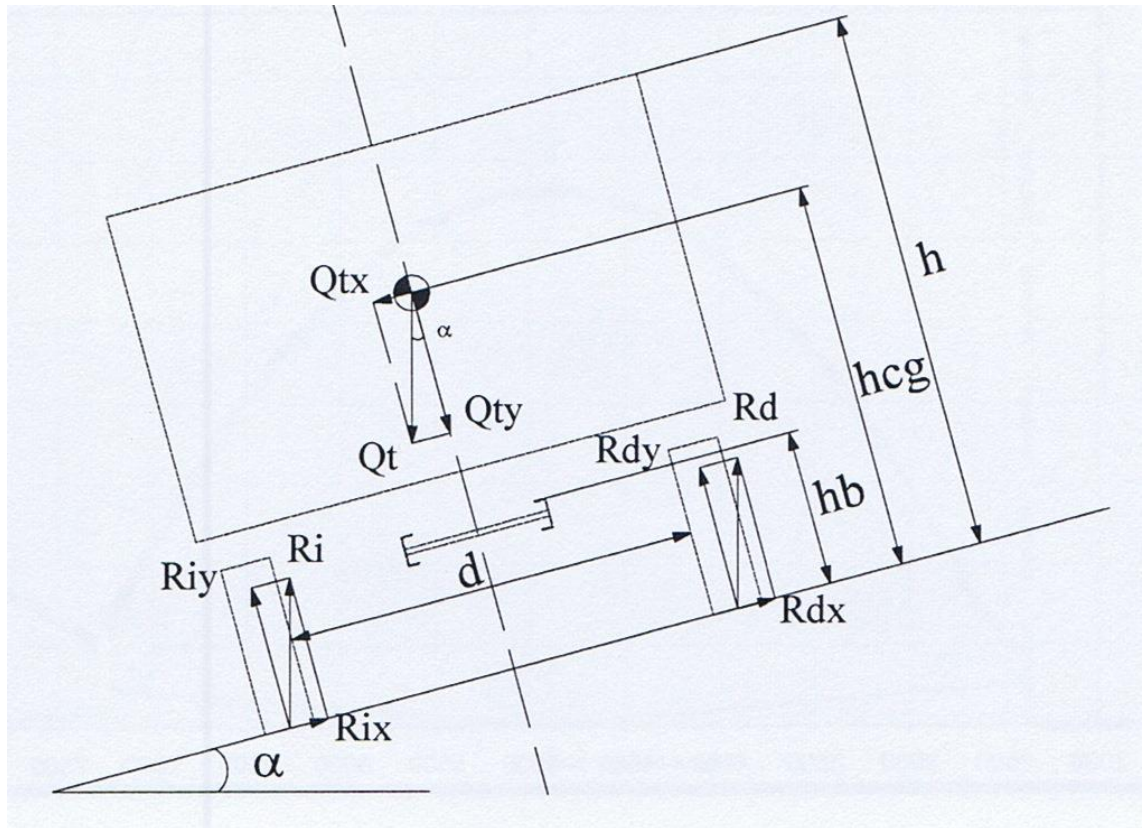


Figura 34. Parámetros a tener en cuenta en el cálculo de estabilidad lateral

En nuestro caso los datos tienen los siguientes valores (ver apartado III Planos):

- $d = 1630 \text{ mm}$
- $hb = 1250 \text{ mm}$
- $h = 2850 \text{ mm}$
- $MMA = 402210 \text{ N}$
- $Q_{\text{útil}} = 279633,67 \text{ N}$
- $Tara = 69651 \text{ N}$

Por lo tanto calculamos hcu:

$$hcu = hb + \frac{h - hb}{2} = 2050 \text{ mm}$$

Y una vez obtenido hcu calculamos hcg:

$$hcg = \frac{hb \cdot Tara + hcu \cdot Q_{\text{útil}}}{MMA} = 1641,711 \text{ mm}$$

Y por último:

$$\alpha = \arctang\left(\frac{d}{2 \cdot hcg}\right) = 26,40^\circ$$

### II.3.2.1.- Estabilidad longitudinal

La pendiente máxima superable para que el vehículo no vuelque viene dada por la siguiente expresión:

$$\alpha = \arctang\left(\frac{s}{hcg}\right)$$

El único parámetro distinto que encontramos es “s”, que representa la distancia del centro de gravedad al eje trasero. Para calcular este parámetro habremos de tener los pesos de cada eje, así, con el peso total, del que también disponemos, situaremos la localización longitudinal del centro de gravedad del vehículo. Se muestra visualmente en la figura 35.

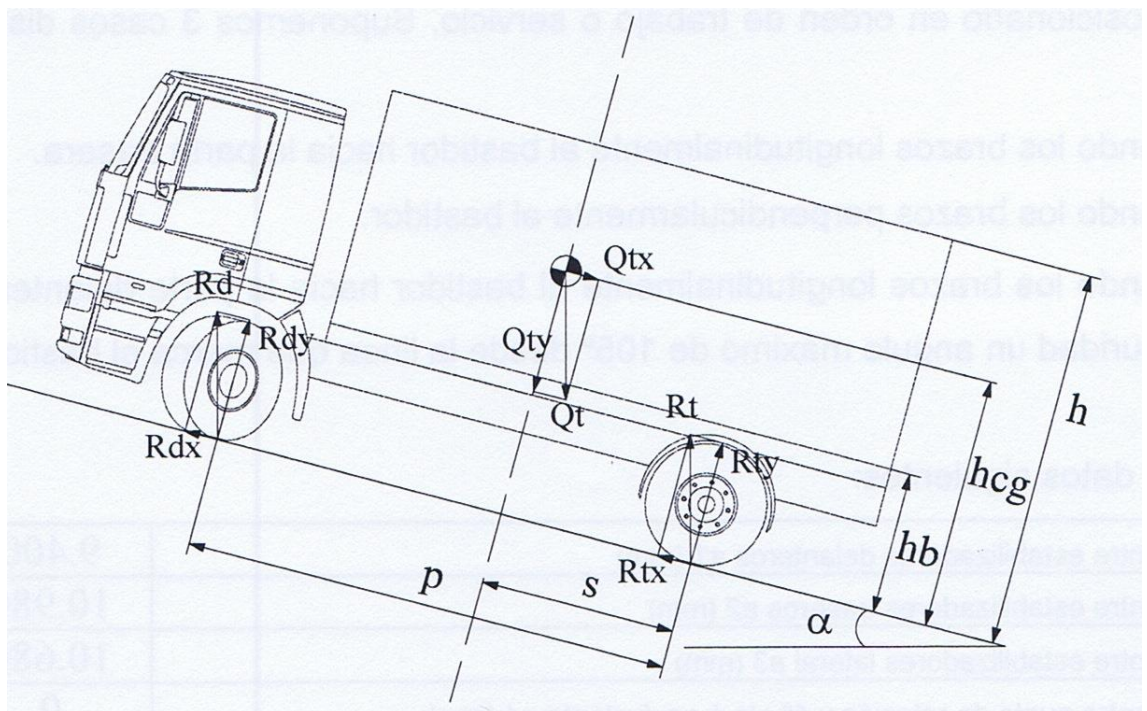


Figura 35. Parámetros a tener en cuenta en el cálculo de estabilidad longitudinal

Sabemos, por el apartado II.3.1.1 que “s” vale 1841 mm y por lo tanto:

$$\alpha = \arctang\left(\frac{s}{hcg}\right) = 48,27^\circ$$

Teniendo en cuenta que el valor de la pendiente de las carreteras por ley es muy inferior a los valores máximos calculados, podemos asegurar que no habrá problemas de estabilidad tanto lateral como longitudinal.

### II.3.3.- Aislamientos. Justificación.

Nuestra cisterna no necesita estar calorfugada ya que el producto se puede transportar a temperatura ambiente.

### II.4.- Verificación del diseño mediante el análisis del esfuerzo por elementos finitos

Utilizando el programa de análisis de esfuerzos por elementos finitos SolidWorks Simultaion, podemos modelizar la cisterna como un elemento de tipo Shell (lámina) de 5 mm de espesor la cual está soldada a los apoyos y protecciones de la misma.

Suponemos que la fuerza  $Q$  de  $279633,67N$  (que incluye la fuerza de la gravedad) se distribuye entre los distintos apoyos, los cuales están fijos, y en la dirección de la gravedad.

Se utiliza un mallado basado en curvatura cuyas propiedades son:

Puntos del Jacobiano	4 puntos
Máximo tamaño de elemento	147,898 mm
Mínimo tamaño de elementos	49,299 mm
Número total de nodos	116847
Número total de elementos	69172

Tabla 11. Propiedades del mallado

Model name: Estudio Cisterna  
Study name: Estudio estático  
Mesh type: Mixed mesh

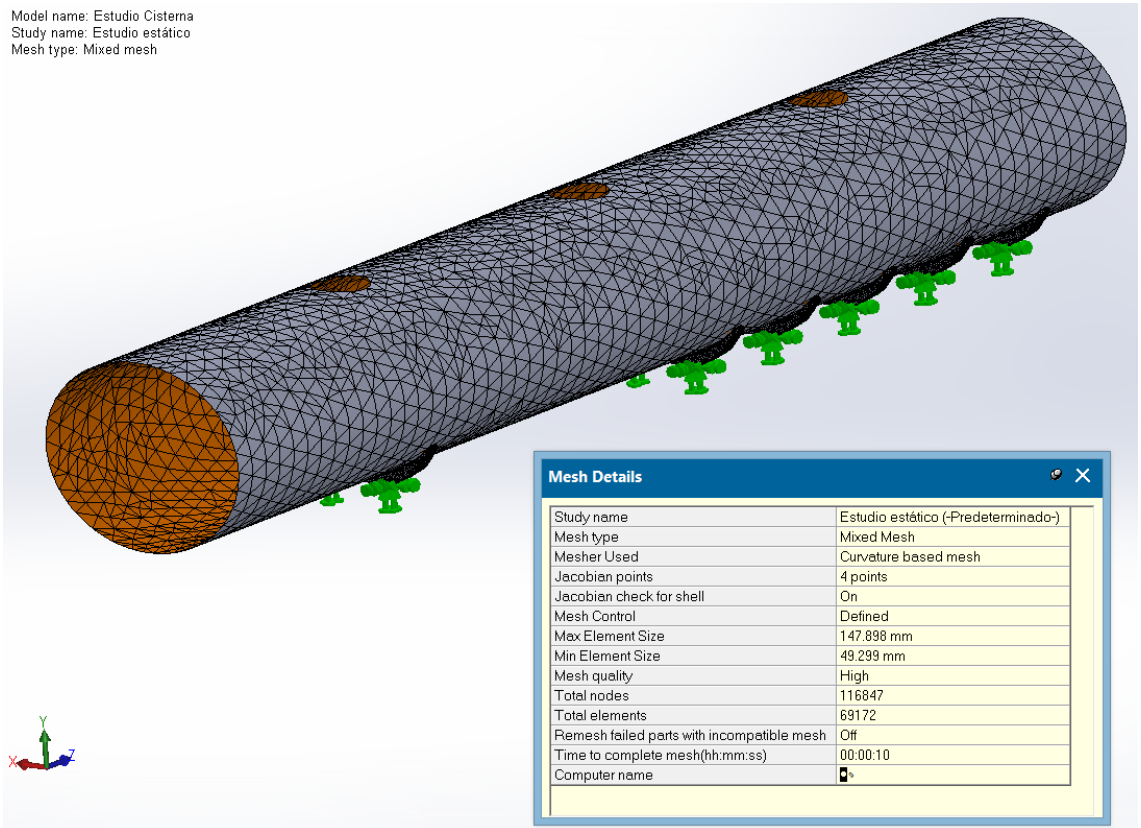


Figura 36. Mallado de cisterna

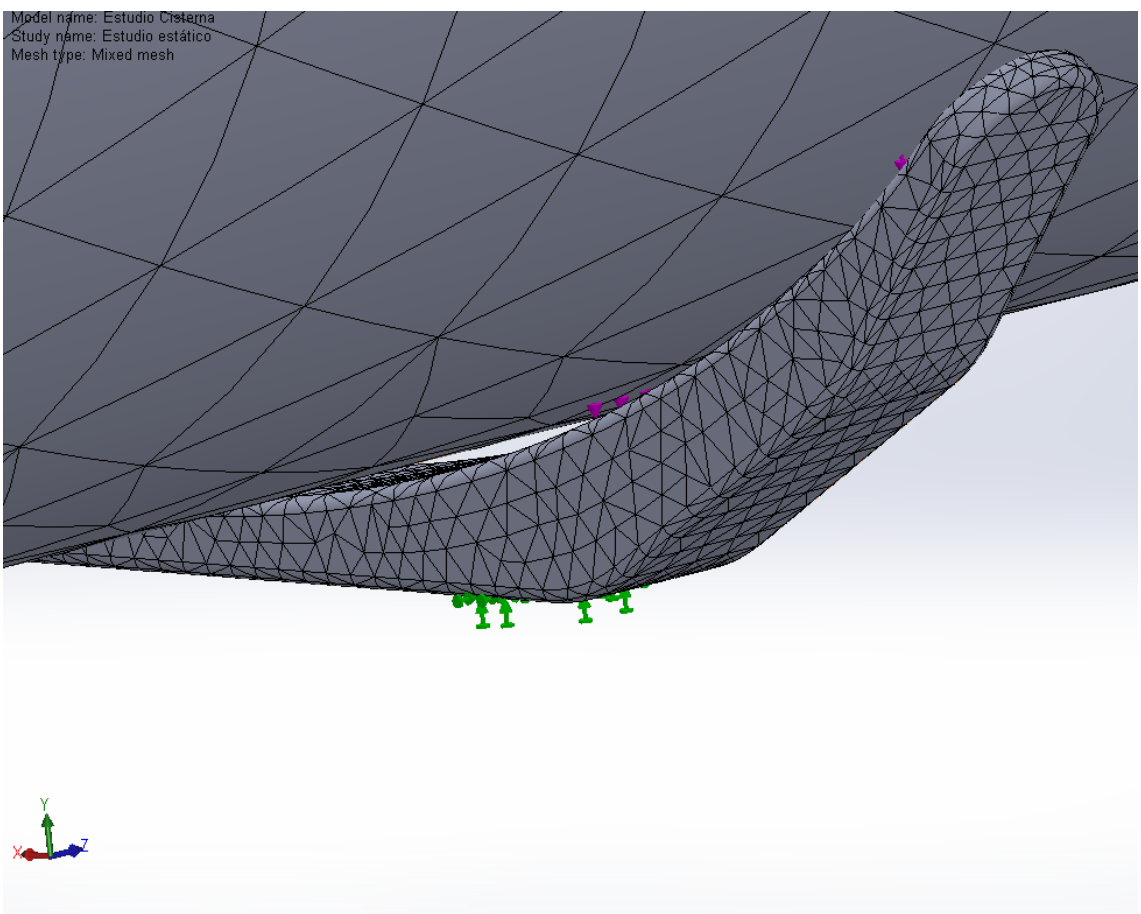


Figura 37. Detalle del mallado

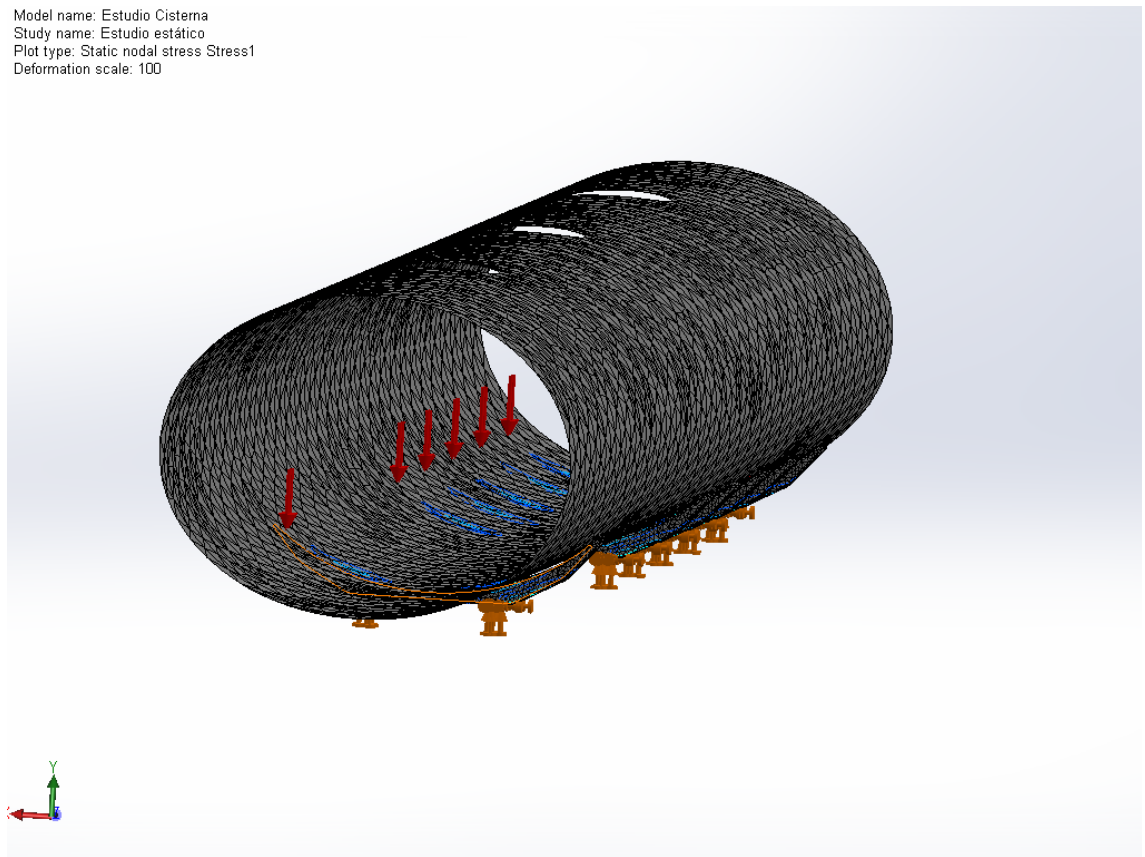


Figura 38. Fuerza aplicada en los apoyos

El programa de análisis por elementos finitos calcula la tensión equivalente según Von Mises obteniendo que el esfuerzo recibido es mucho menor que el admisible para el material seleccionado. En las siguientes figuras también se aprecia la deformada, la cual está multiplicada por 100, y el factor de seguridad calculado.



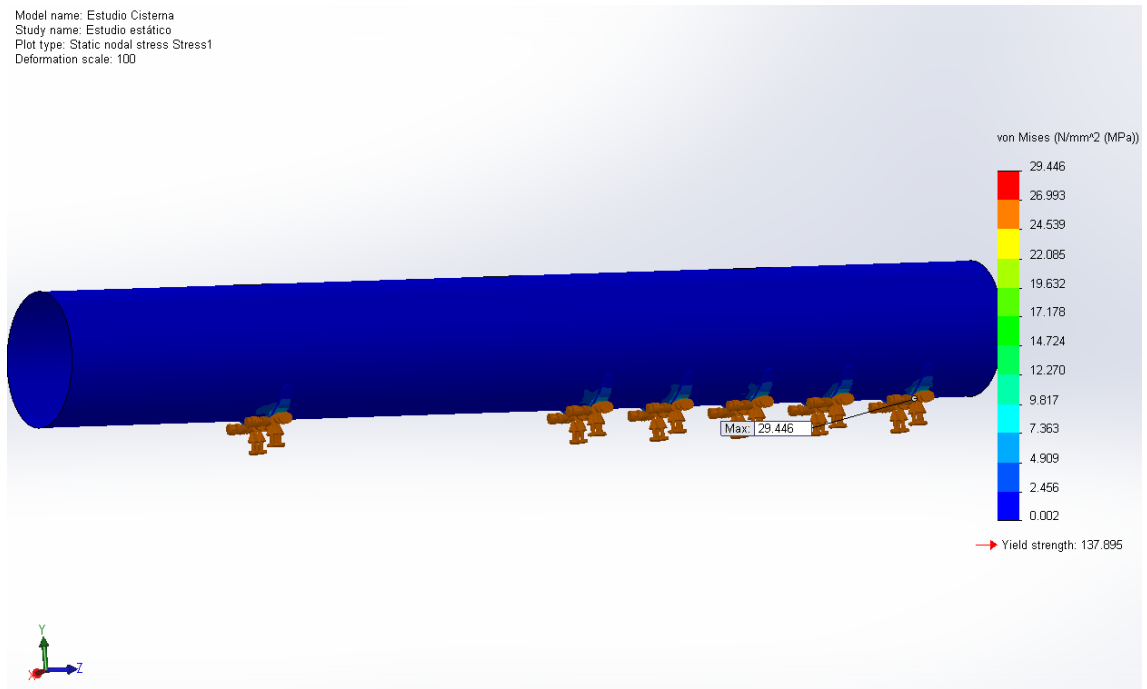


Figura 39. Resultado del análisis por elementos finitos

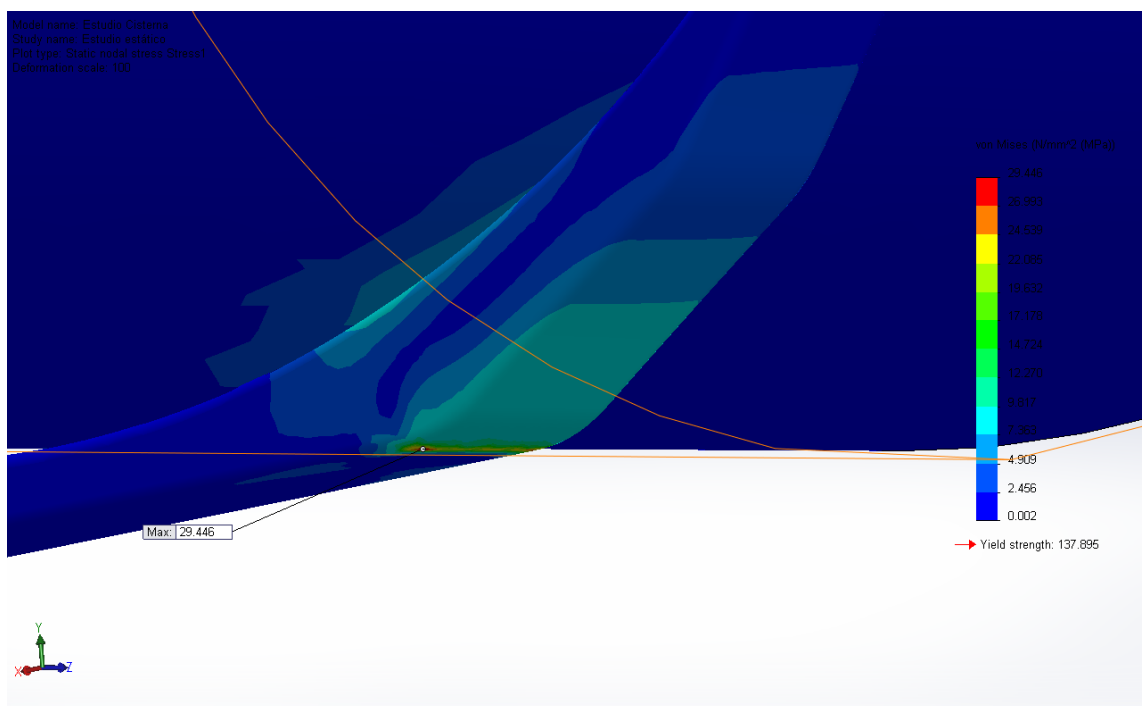


Figura 40. Detalle de la sección más solicitada del análisis por elementos finitos

Se obtiene en la sección más solicitada un esfuerzo de valor 29,446 Mpa, siendo el límite de fluencia del acero AISI 316-L según el programa de 137,895 Mpa.



Model name: Estudio Cisterna  
 Study name: Estudio estático  
 Plot type: Factor of Safety Factor of Safety1  
 Criterion : Automatic  
 Factor of safety distribution: Min FOS = 4.7

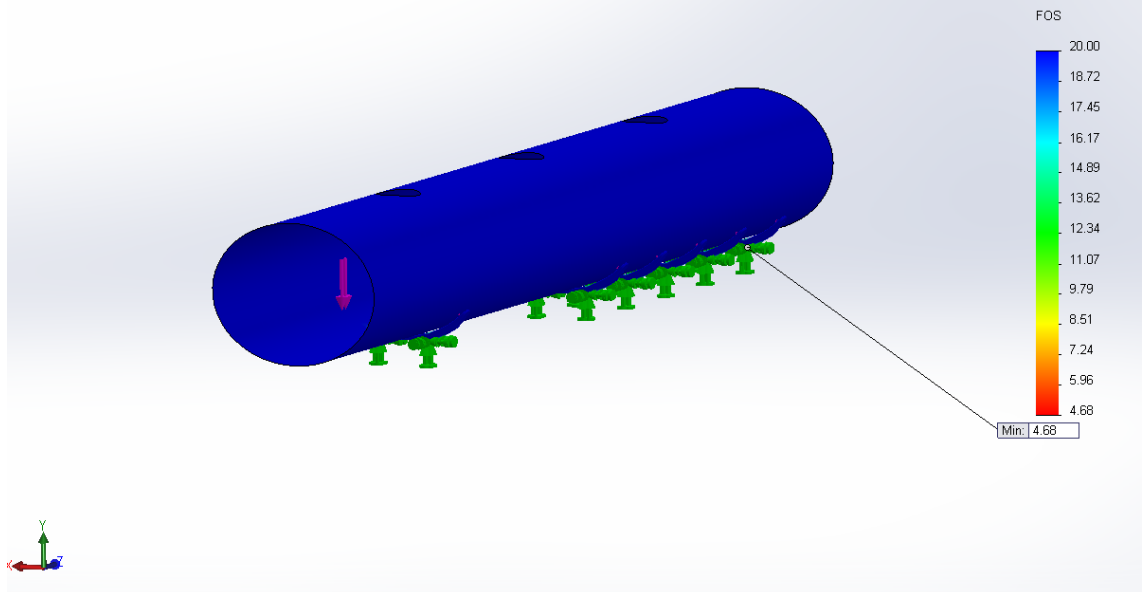


Figura 41. Factor de seguridad del estudio

Se obtiene un factor de seguridad de 4,68 en la sección más solicitada.

## II.5.- Síntesis de los resultados obtenido

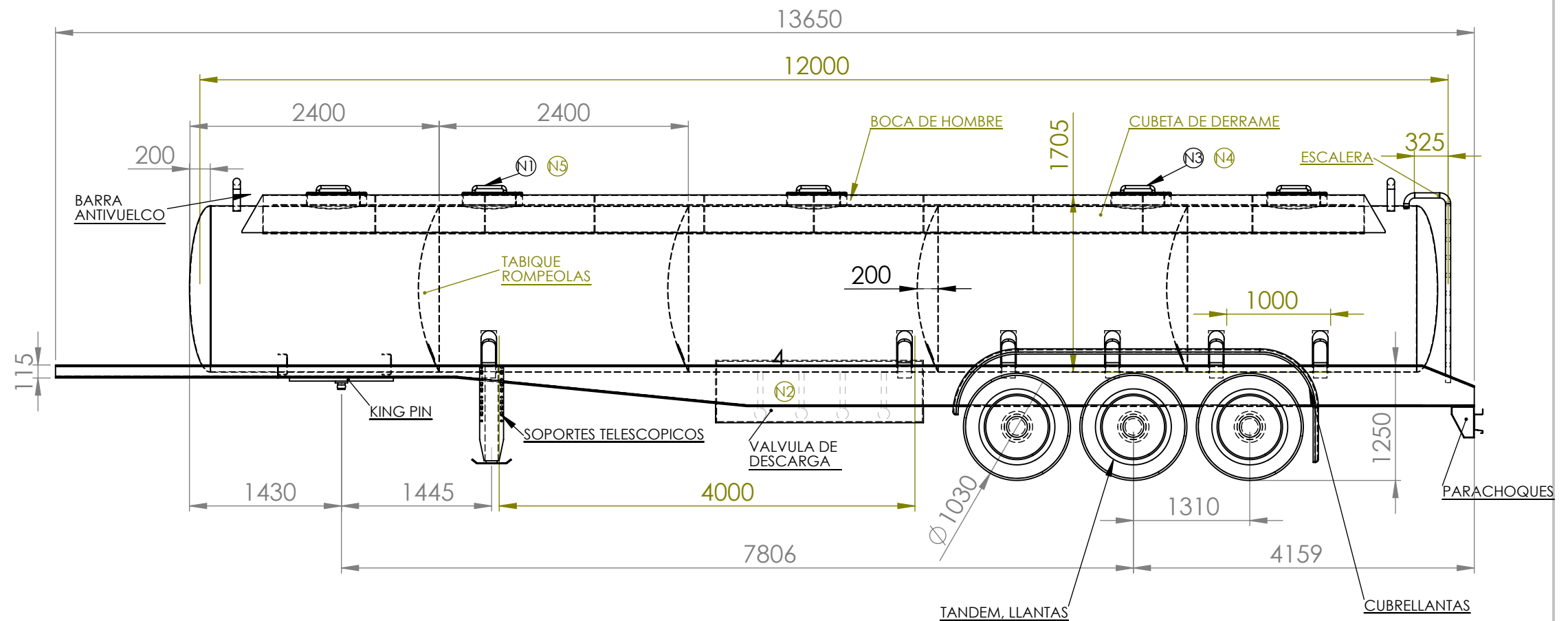
En la siguiente tabla se sintetizan los resultados obtenidos de los cálculos en los apartados anteriores.

Parámetro	Valor obtenido	Valor máx. permitido
Espesor (e)	5 mm	3 mm
Densidad	0,95044 Kg/l	
Grado de llenado	90%	
Cisterna llena (Q)	$279633,67N \div 9,81$ $= 28504,96 Kg$	33900 Kg
Esfuerzo combinado normal $\sigma_1$	$61,25 \frac{N}{mm^2}$	$160 \frac{N}{mm^2}$
Esfuerzo combinado dinámico $\sigma_2$	$117,47 \frac{N}{mm^2}$	$160 \frac{N}{mm^2}$

Esfuerzo combinado presión $\sigma_3$	$87,88 \frac{N}{mm^2}$	$160 \frac{N}{mm^2}$
Estabilidad lateral	Depende del recorrido	26,40°
Estabilidad longitudinal	Depende del recorrido	48,27°
Esfuerzo calculado MEF	$29,446 \frac{N}{mm^2}$	$137,895 \frac{N}{mm^2}$

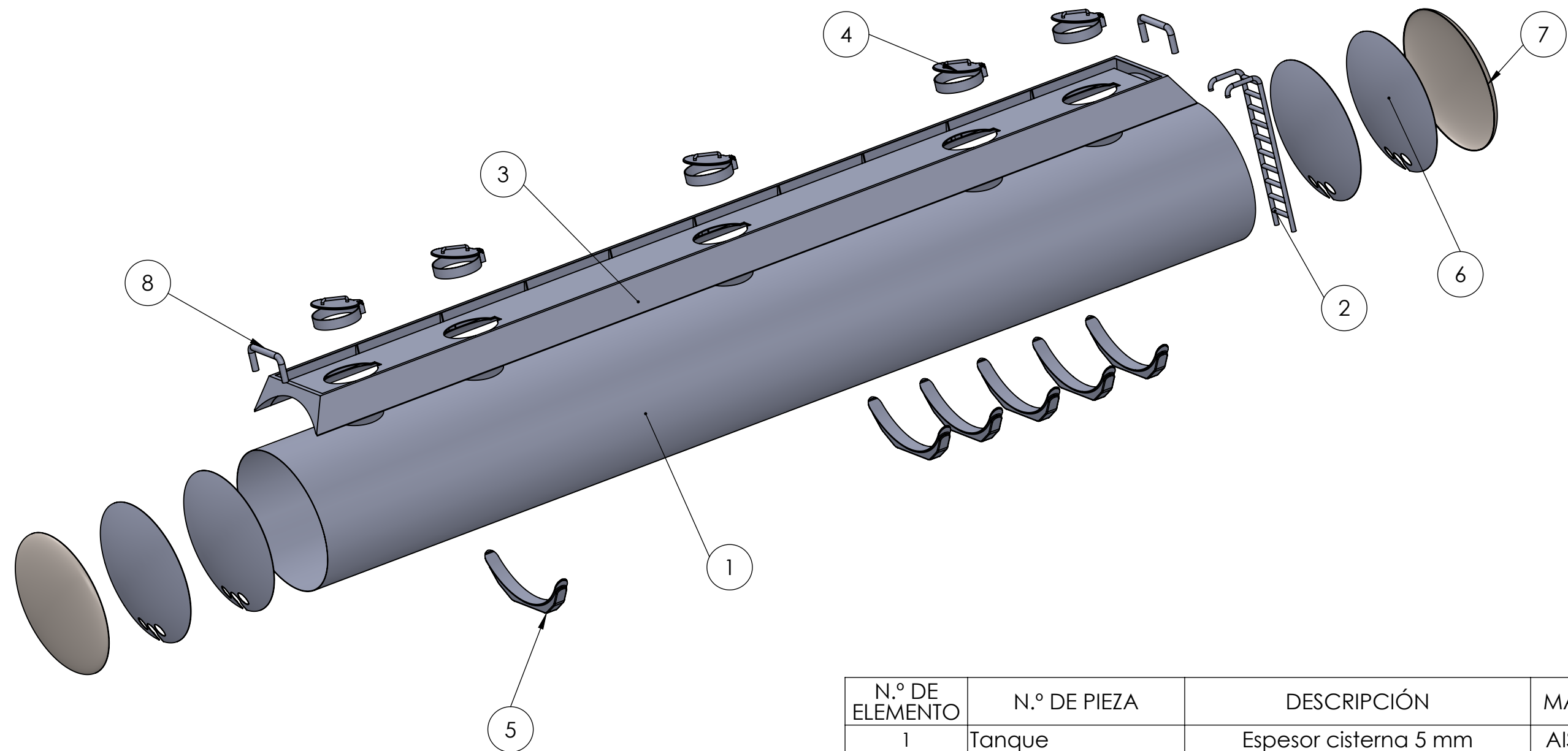
Tabla 12. Síntesis de los resultados

# III.-PLANOS

[illegible]

Condiciones del diseño	
Presión de Diseño	0,040 MPa
Presión de Prueba Hid.	0,0589 MPa
Temperatura de Diseño	20 °C
Capacidad Total	301 60 LTS
Capacidad 90% de llenado	271 45 LTS
Capacidad de Carga 90%	25800 Kg
Sobreespesor de Corrosión	0

	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA		ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES			
			AUTOR: <b>JOSÉ PÉREZ RÍOS</b>		DIMENSIONES	mm
Aprobado:	Revisado:	TÍTULO: <b>CONJUNTO</b>			DIBUJO	
		FECHA: <b>SEPTIEMBRE/2014</b>		ESCALA: <b>1:50</b>	NUMERO PLANO: <b>1</b>	



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANTIDAD
1	Tanque	Espesor cisterna 5 mm	AISI 316-L	1
2	Escalera	Escalera tubular $\varnothing$ 50 mm	Acero inoxidable	1
3	Cubeta de derrame		AISI 316-L	1
4	Bocas de hombre	Boca de hombre $\varnothing$ 500 mm	AISI 316	5
5	Protecciones		AISI 316-L	6
6	Tabiques Rompeolas	Espesor Rompeolas 5 mm	AISI 316-L	4
7	Fondos	Casquetes elípticos espesor 5 mm	AISI 316-L	2
8	Barras antivuelco	Barras tubular de acero inoxidable $\varnothing$ 70 mm	AISI 316-L	2



UNIVERSIDAD POLITECNICA  
DE CARTAGENA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES

AUTOR: JOSÉ PÉREZ RÍOS

DIMENSIONES mm

Aprobado:

Revisado:

TÍTULO:

CONJUNTO CISTERNA EXPLOSIONADO

DIBUJO

FECHA:

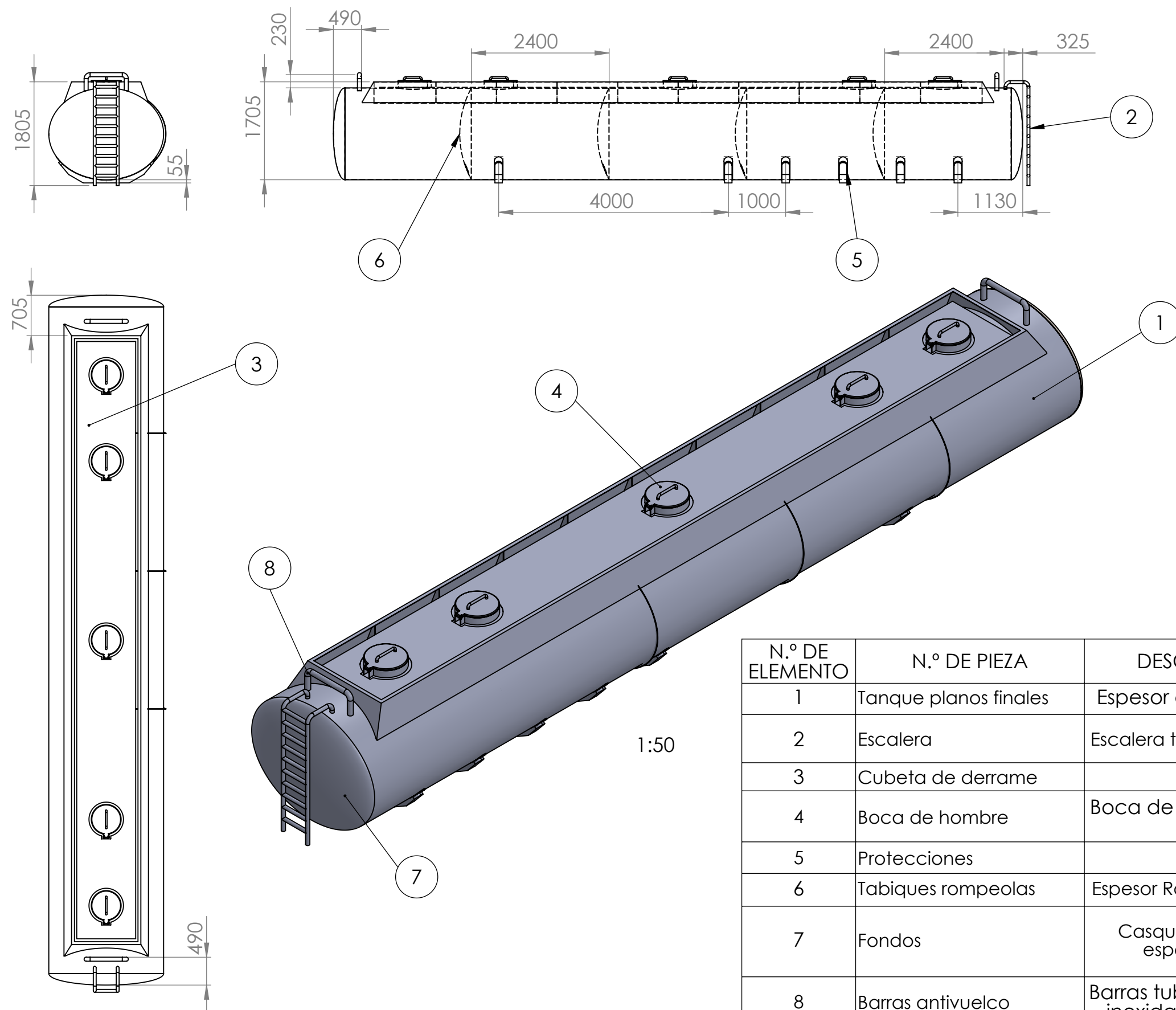
SEPTIEMBRE/2014

ESCALA:

1:50

NUMERO PLANO:

2



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANTIDAD
1	Tanque planos finales	Espesor cisterna 5 mm	AISI 316-L	1
2	Escalera	Escalera tubular $\phi$ 50 mm	Acero inoxidable	1
3	Cubeta de derrame		AISI 316-L	1
4	Boca de hombre	Boca de hombre $\phi$ 500 mm	AISI 316-L	5
5	Protecciones		AISI 316-L	6
6	Tabiques rompeolas	Espesor Rompeolas 5 mm	AISI 316-L	4
7	Fondos	Casquetes elípticos espesor 5 mm	AISI 316-L	2
8	Barras antivuelco	Barras tubular de acero inoxidable $\phi$ 70 mm	AISI 316-L	2



UNIVERSIDAD POLITECNICA  
DE CARTAGENA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES

AUTOR: JOSÉ PÉREZ RÍOS

DIMENSIONES mm

Aprobado:

Revisado:

TÍTULO:

CONJUNTO TANQUE Y EQUIPOS DE SERVICIO

DIBUJO

FECHA:

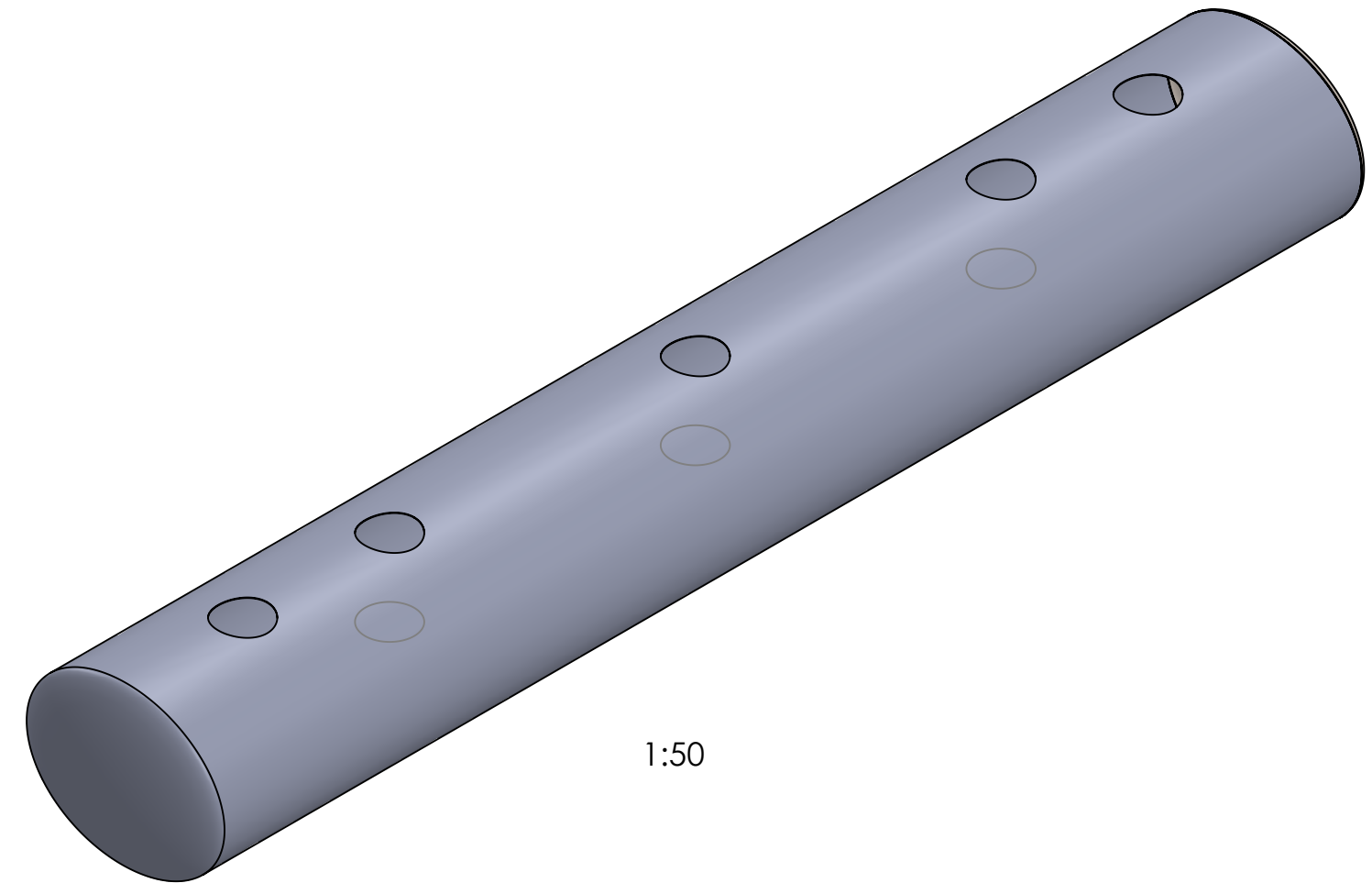
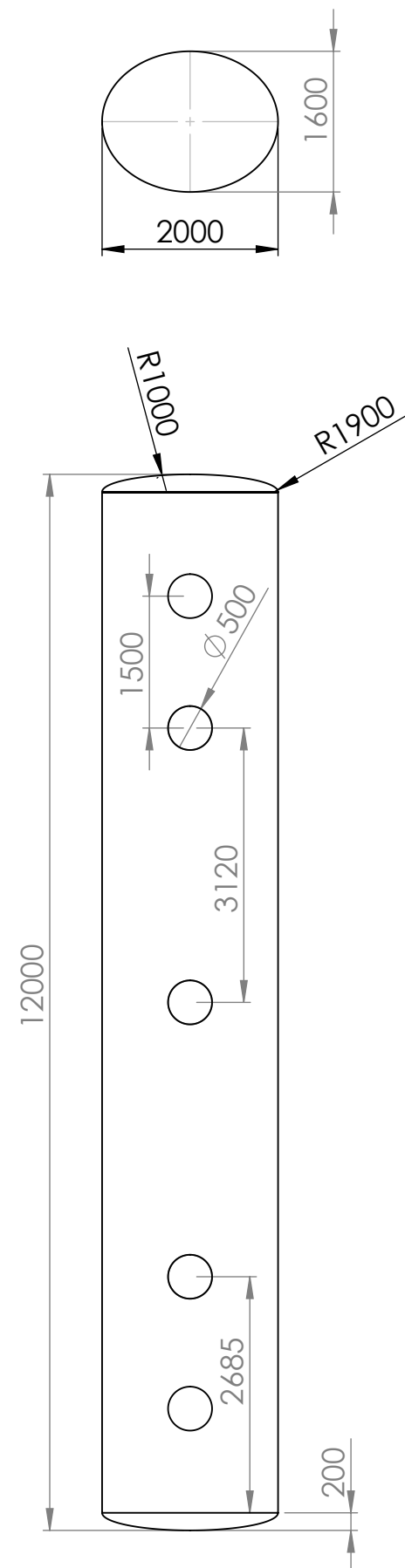
SEPTIEMBRE/2014


ESCALA:

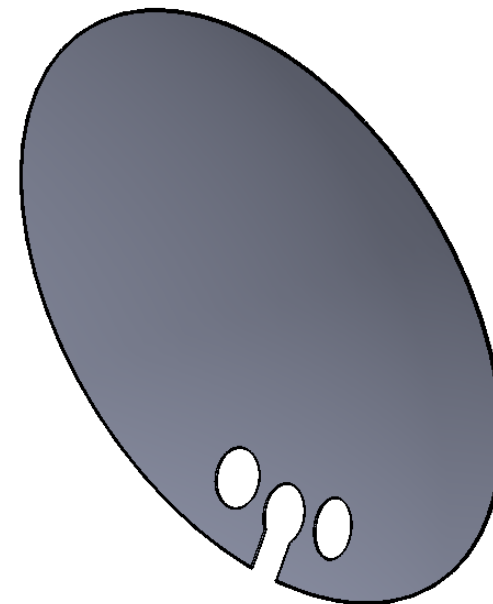
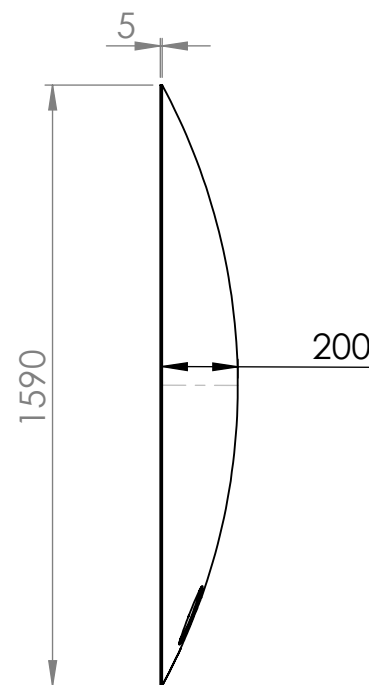
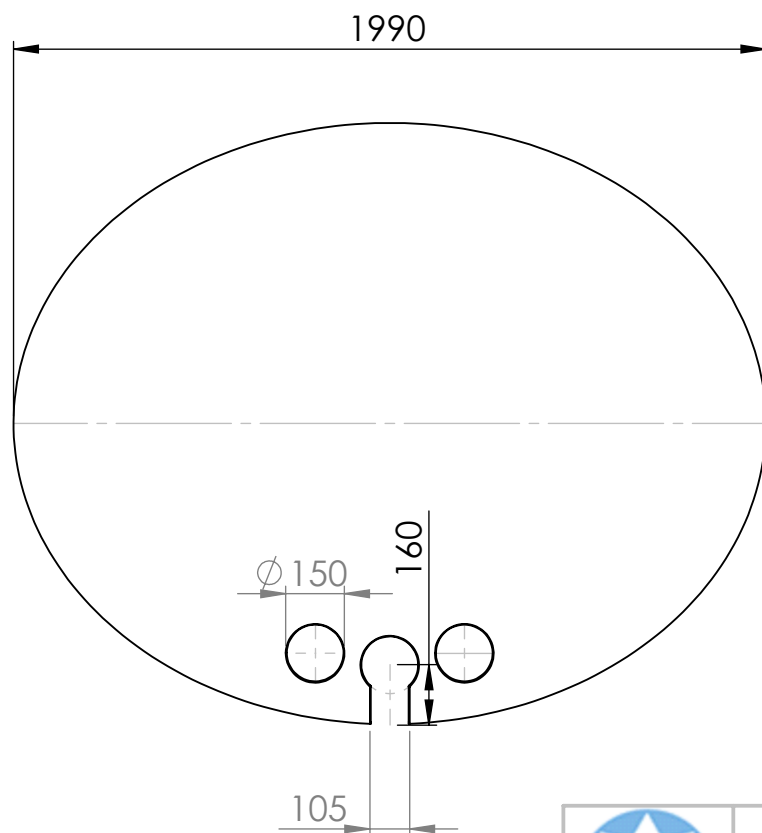
1:75

NUMERO PLANO:

3



	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA		ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES			
			AUTOR: JOSÉ PÉREZ RÍOS		DIMENSIONES	mm
Aprobado:	Revisado:	TÍTULO: TANQUE			DIBUJO	
		FECHA: SEPTIEMBRE/2014		ESCALA: 1:75	NUMERO PLANO: 4	



UNIVERSIDAD POLITECNICA  
DE CARTAGENA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES

AUTOR

JOSÉ PÉREZ RÍOS

DIMENSIONES

mm

Aprobado:

Revisado:

TÍTULO:

TABIQUE ROMPEOLAS

DIBUJO

FECHA:

SEPTIEMBRE/2014

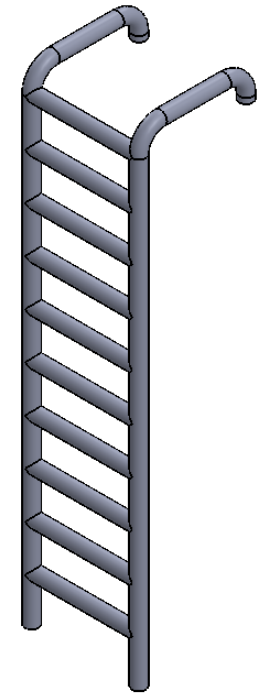
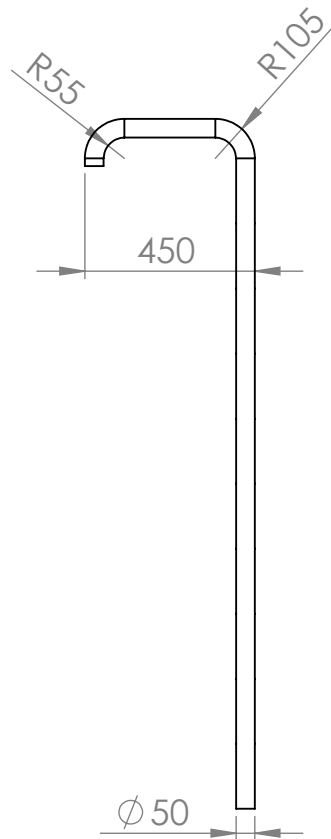
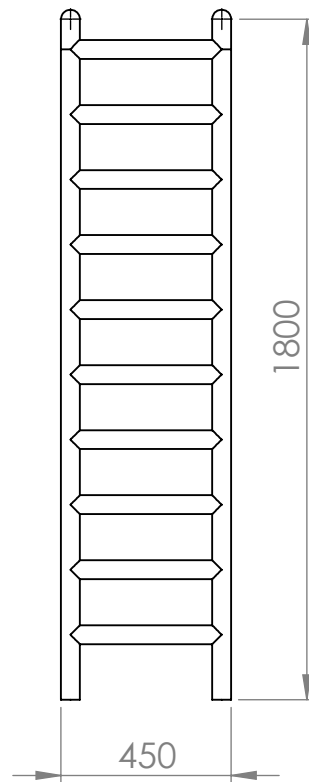
ESCALA:

1:20

NUMERO PLANO:

5





UNIVERSIDAD POLITECNICA  
DE CARTAGENA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES

AUTOR

JOSÉ PÉREZ RÍOS

DIMENSIONES

mm

Aprobado:

Revisado:

TÍTULO:

ESCALERA

DIBUJO

FECHA:

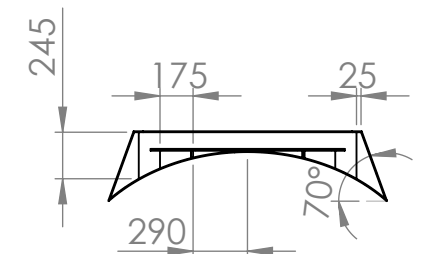
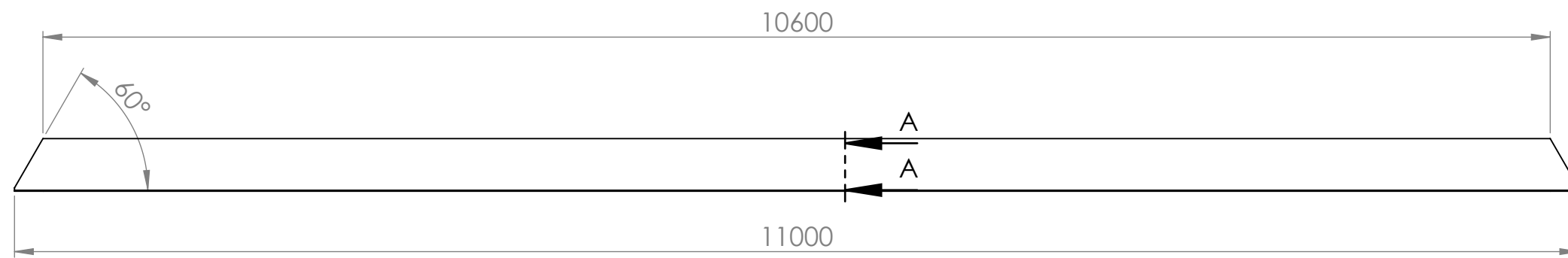
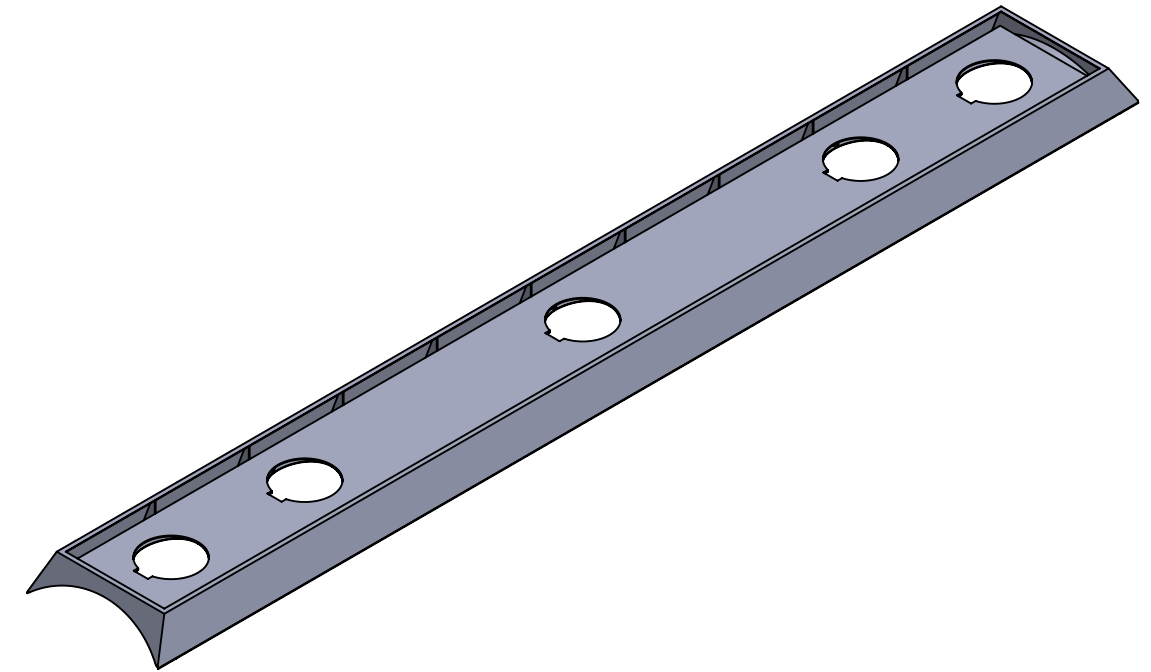
SEPTIEMBRE/2014

ESCALA:

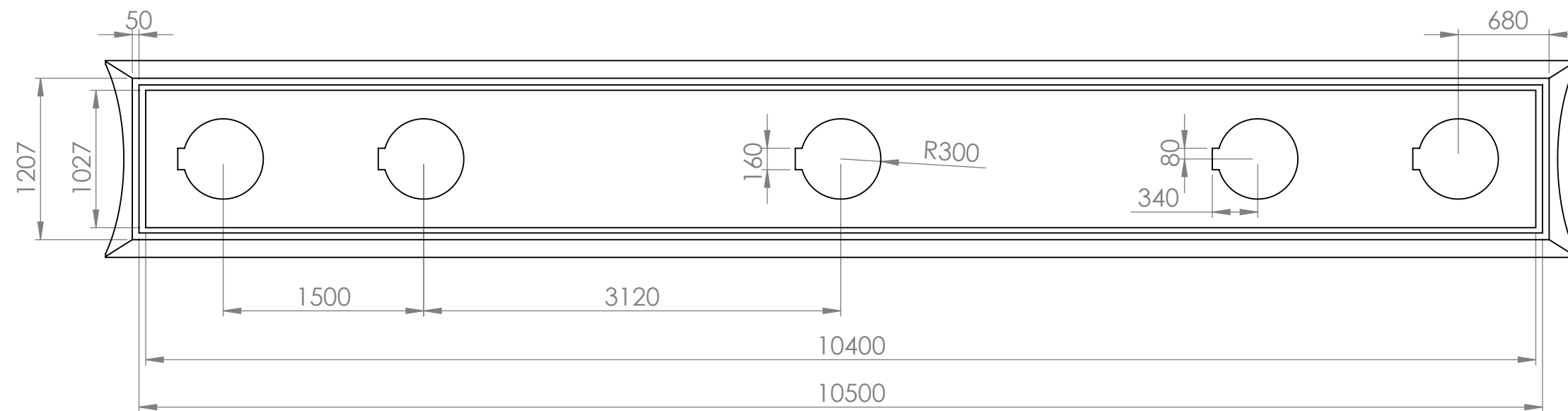
1:20

NUMERO PLANO:

6



A-A (1 : 40)



UNIVERSIDAD POLITECNICA  
DE CARTAGENA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES

AUTOR: JOSÉ PÉREZ RÍOS

DIMENSIONES mm

Aprobado:

Revisado:

TÍTULO:

CUBETA DE DERRAME

DIBUJO

FECHA:

SEPTIEMBRE/2014

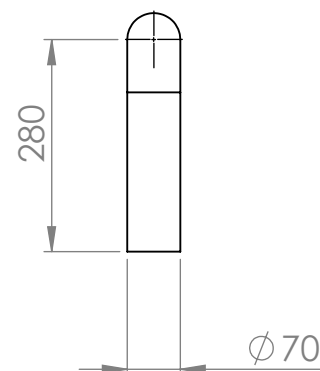
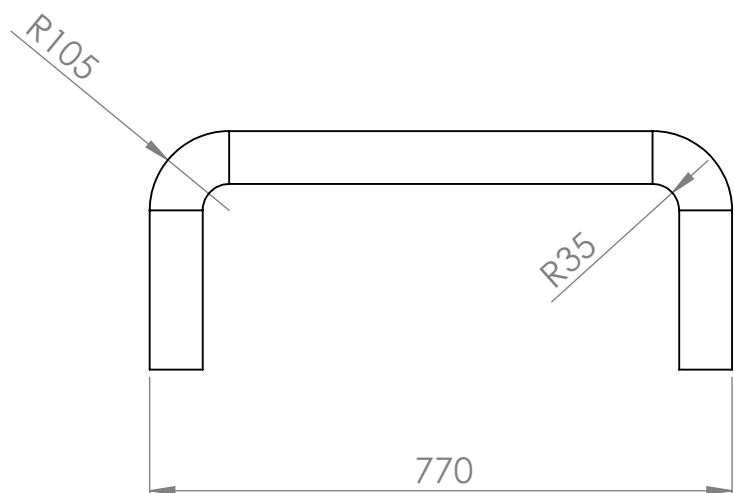
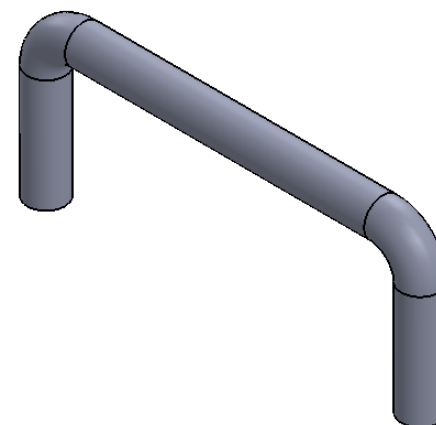
ESCALA:

1:40

NUMERO PLANO:

7





UNIVERSIDAD POLITECNICA  
DE CARTAGENA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES

AUTOR

JOSÉ PÉREZ RÍOS

DIMENSIONES

mm

Aprobado:

Revisado:

TÍTULO:

PROTECCIÓN ANTIVUELCO

DIBUJO

FECHA:

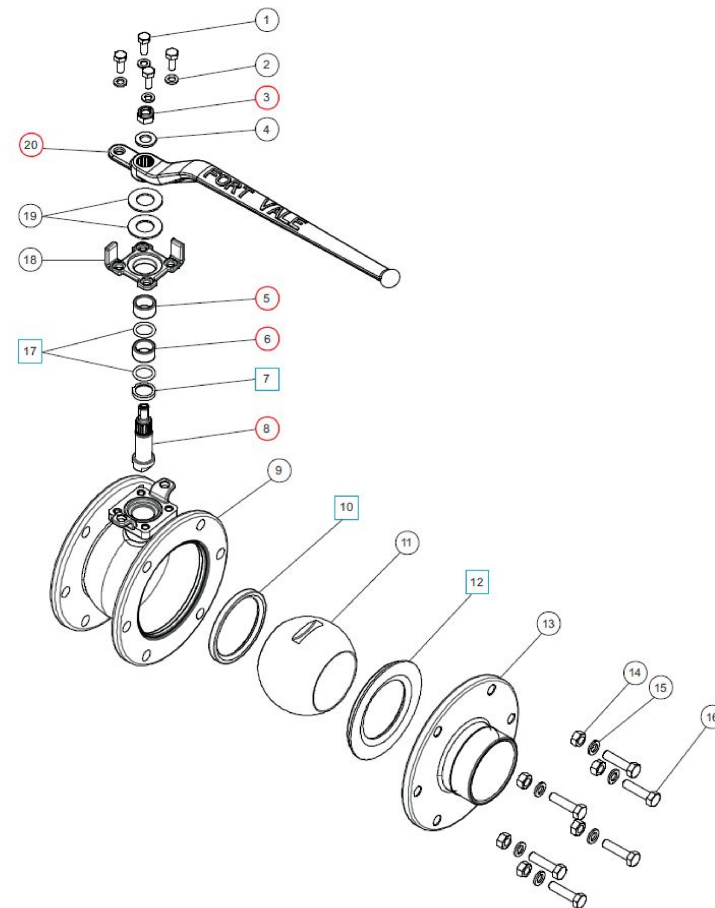
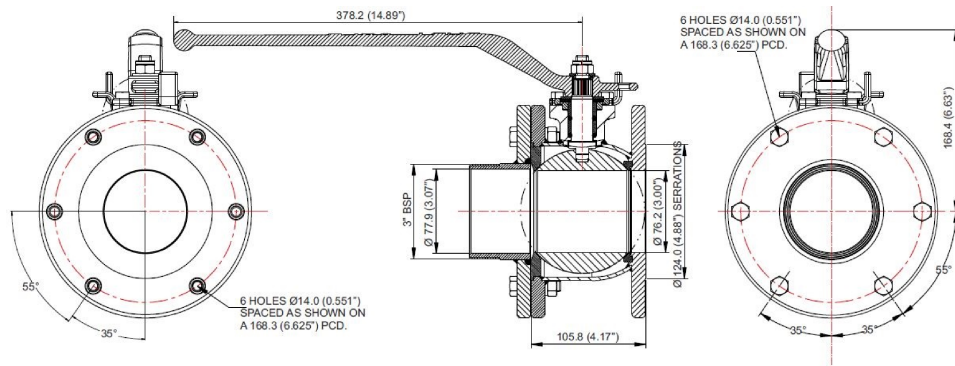
SEPTIEMBRE/2014

ESCALA:

1:10

NUMERO PLANO:

9



Item	Description	Part No.
1	M8 hex head bolt (4)	5111-822
2	M8 flat section spring washer (4)	5113-003
3	M12 self locking nut	5112-007
4	M12 washer	5123-003
5	Top stuffing collar	360/3412
6	Bottom stuffing collar	360/3413
7	Bottom bearing	360/3421
8	Spindle	360/3422
9	3" flanged ball valve body	360/5014
10	Back seal	360/3402

Item	Description	Part No.
11	Solid ball plug	360/3401
12	Front seal	360/3405
13	3" BSP male outlet flange	20409/14
14	M12 full nut (6)	5112-006
15	M12 flat section spring washer (6)	5113-010
16	M12 hex head bolt (6)	5111-023
17	PTFE O ring (2)	5005-113
18	Clamp plate	360/5005
19	20mm Belleville washer (2)	5113-041
20	Handle weld assembly	360/3416



FORT VALE  
ENGINEERING LTD

3" BLACKO BALL VALVE

AUTOR

FORT VALE

DIMENSIONES

mm

Aprobado:

Revisado:

TÍTULO:

VALVULA DE DESCARGA

DIBUJO

FECHA:

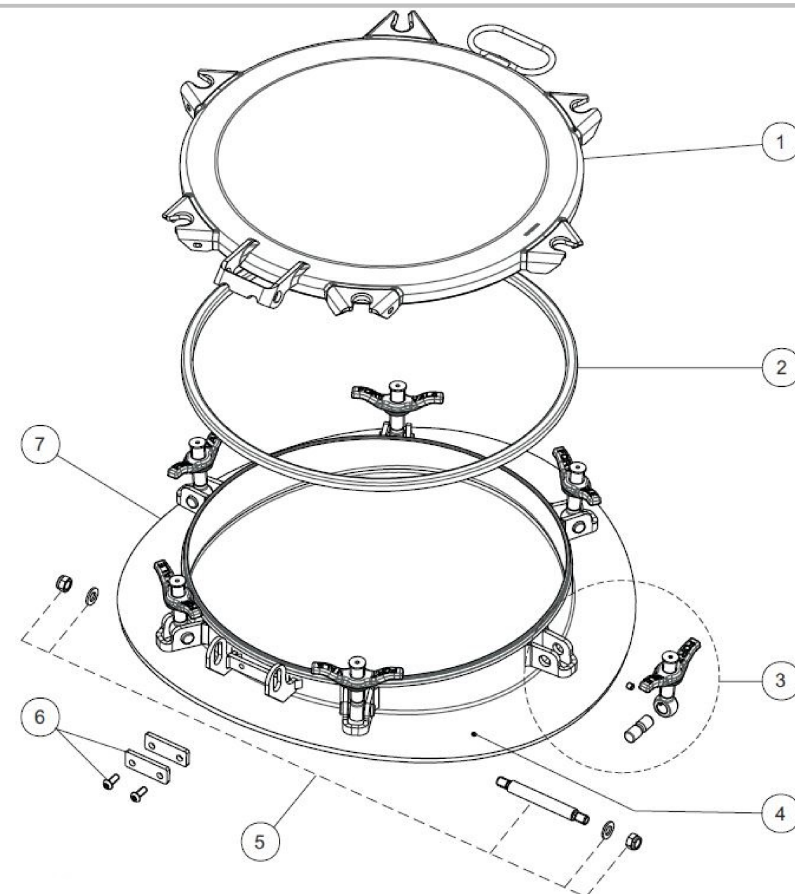
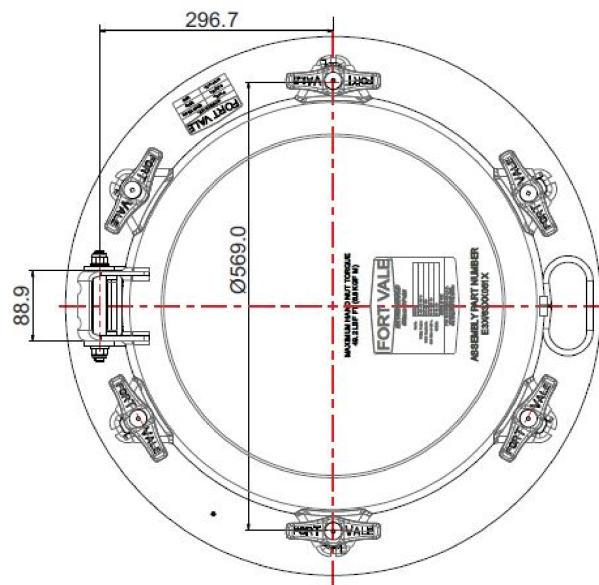
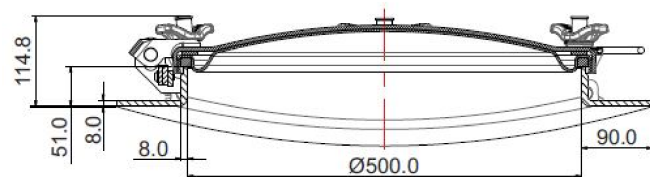
SEPTIEMBRE/2014

ESCALA:

1:7

NUMERO PLANO:

10



Item	Description	Part No.
1	Manlid	73E/0500
2	Manlid seal (sold separately)	5005-50XXX
3	Swingbolt assembly	496/XXXX
4	Grubscrew	5111-009
5	Hinge pin assembly	600/1060
6	135° Fixed Hinge kit	135B
7	Neckring	6EP/6351XXXP



FORT VALE  
ENGINEERING LTD

500 mm PENDLE MANLID ASSEMBLY

AUTOR

FORT VALE

DIMENSIONES

mm

Aprobado:

Revisado:

TÍTULO:

BOCA DE HOMBRE

DIBUJO

FECHA:

SEPTIEMBRE/2014

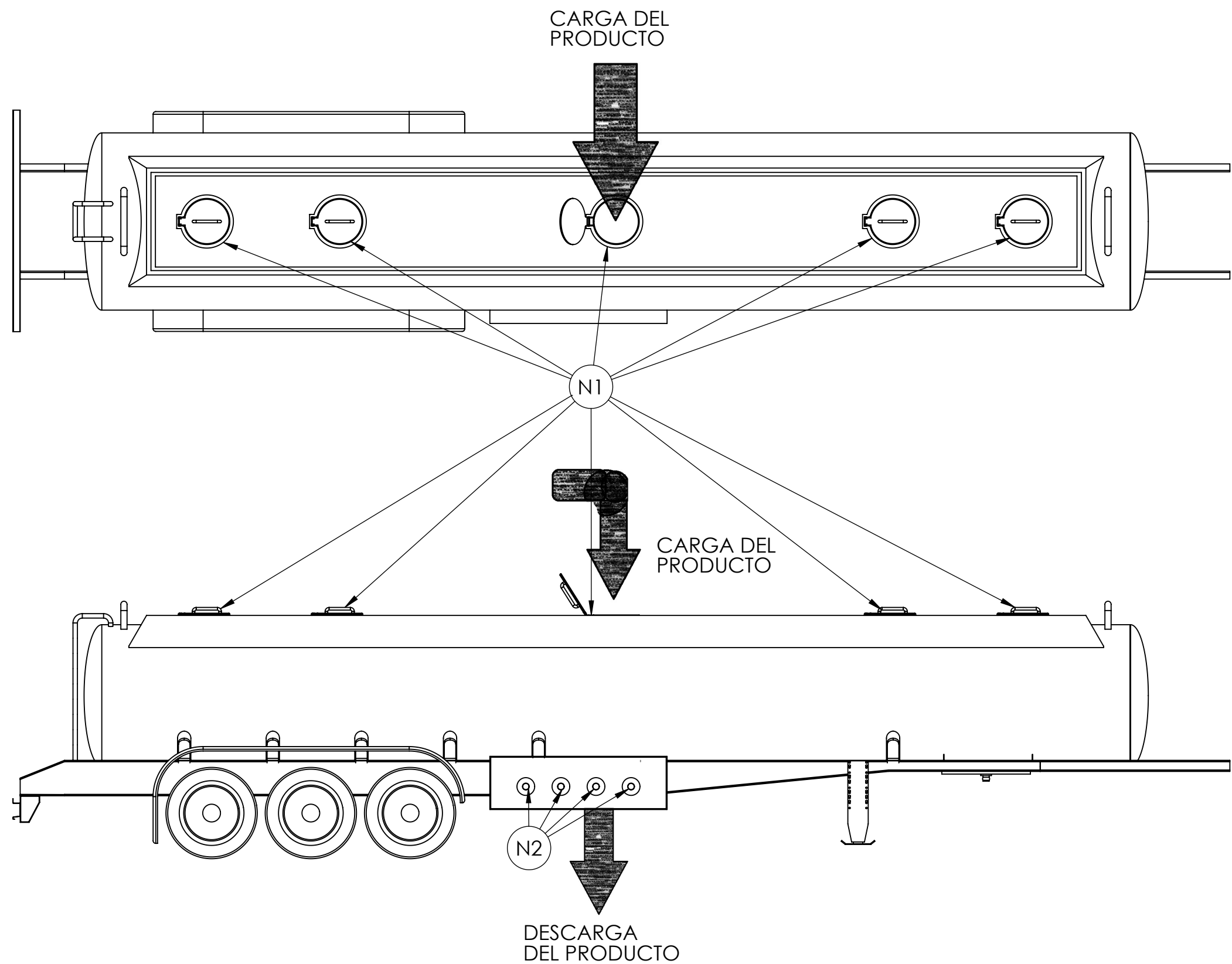
ESCALA:

1:10

NUMERO PLANO:

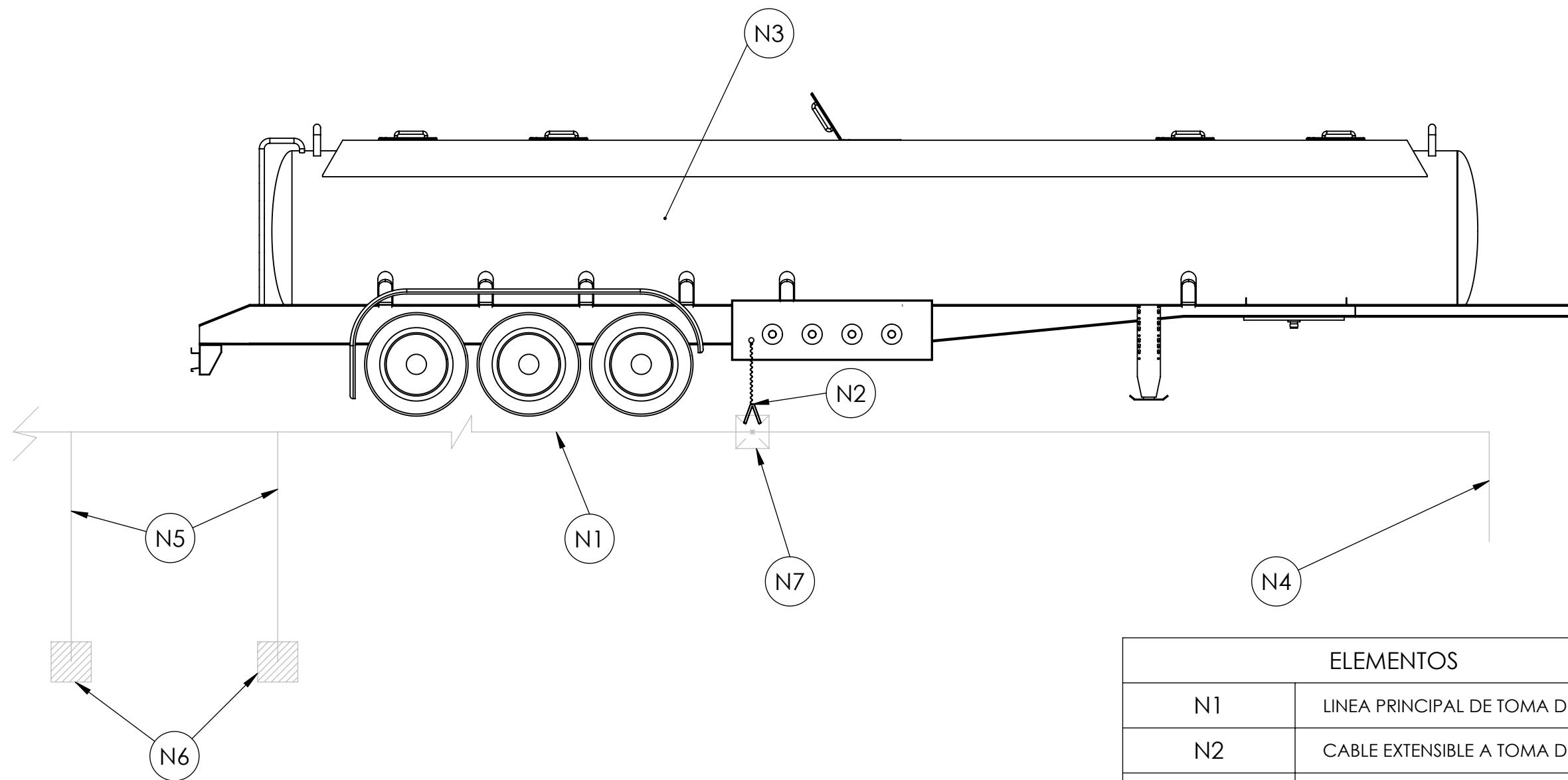
11





CARGA Y DESCARGA DEL DEPOSITO		
MARCA	BOCAS Y CONEXIONES	FUNCION
N1	BOCA DE HOMBRE	CARGA
N2	VALVULA DE DESCARGA	DESCARGA

	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA		ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES	
	Aprobado:	Revisado:	AUTOR: JOSÉ PÉREZ RÍOS	DIMENSIONES mm
		TÍTULO:	PLANO DE CARGA Y DESCARGA	
		FECHA:	SEPTIEMBRE/2014	NUMERO PLANO: 12
			ESCALA: 1:50	



ELEMENTOS	
N1	LINEA PRINCIPAL DE TOMA DE TIERRA
N2	CABLE EXTENSIBLE A TOMA DE TIERRA
N3	CISTERNA DURANTE CARGA/DESCARGA
N4	LINEA DE ENLACE CON TIERRA
N5	DERIVACIONES LINEA DE TIERRA PRINCIPAL
N6	MASAS
N7	PUESTA DE TOMA DE TIERRA

DETALLE



UNIVERSIDAD POLITECNICA  
DE CARTAGENA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES

AUTOR: JOSÉ PÉREZ RÍOS

DIMENSIONES mm

Aprobado:

Revisado:

TÍTULO:

PROTECCION ELECTROSTATICA DURANTE  
CARGA Y DESCARGA DE BEBIDAS ALCOHOLICAS

DIBUJO

FECHA:

SEPTIEMBRE/2014

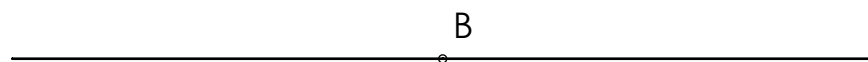
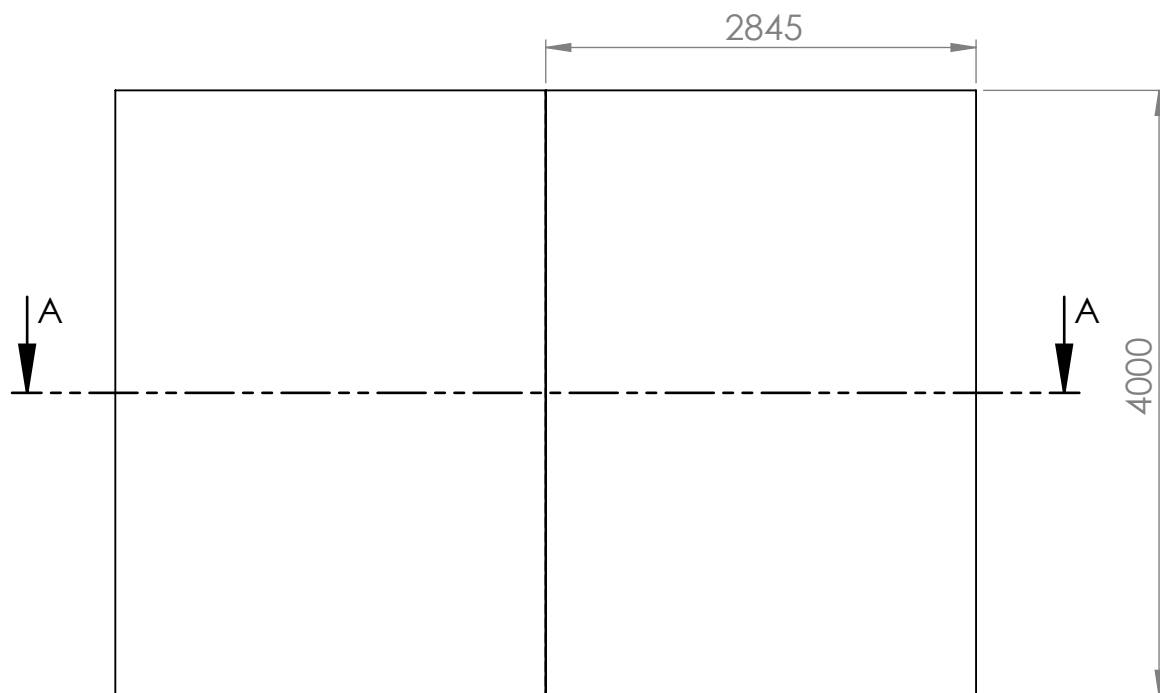
ESCALA:

1:50

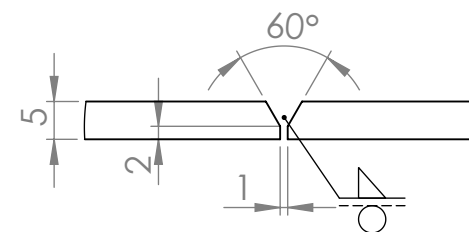
NUMERO PLANO:

13





A-A (1 : 50)



DETALLE B (1 : 1)



UNIVERSIDAD POLITECNICA  
DE CARTAGENA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES

AUTOR

JOSÉ PÉREZ RÍOS

DIMENSIONES

mm

Aprobado:

Revisado:

TÍTULO:

SOLDADURA DE VIOLAS

DIBUJO

FECHA:

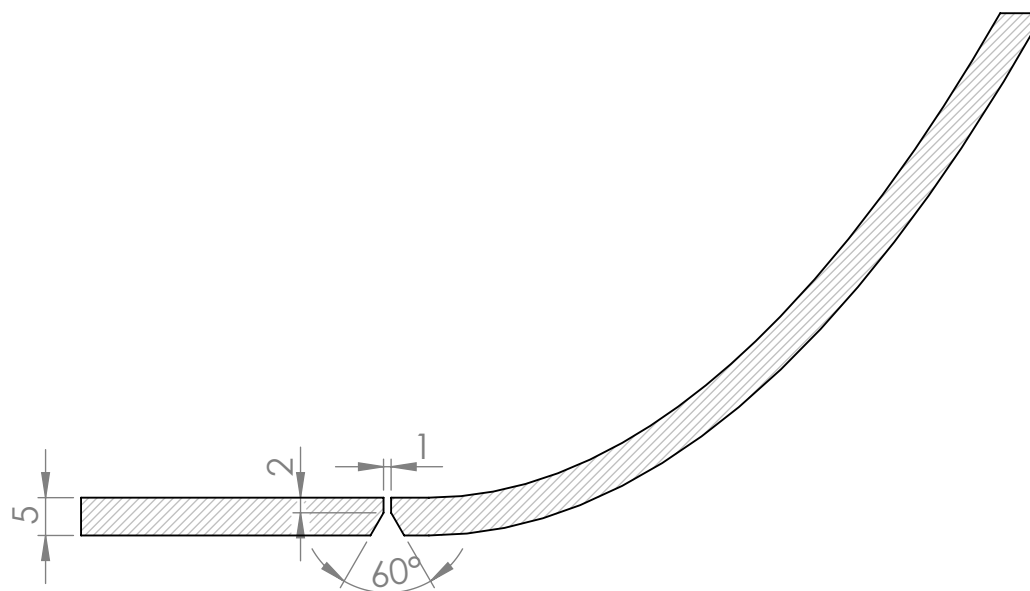
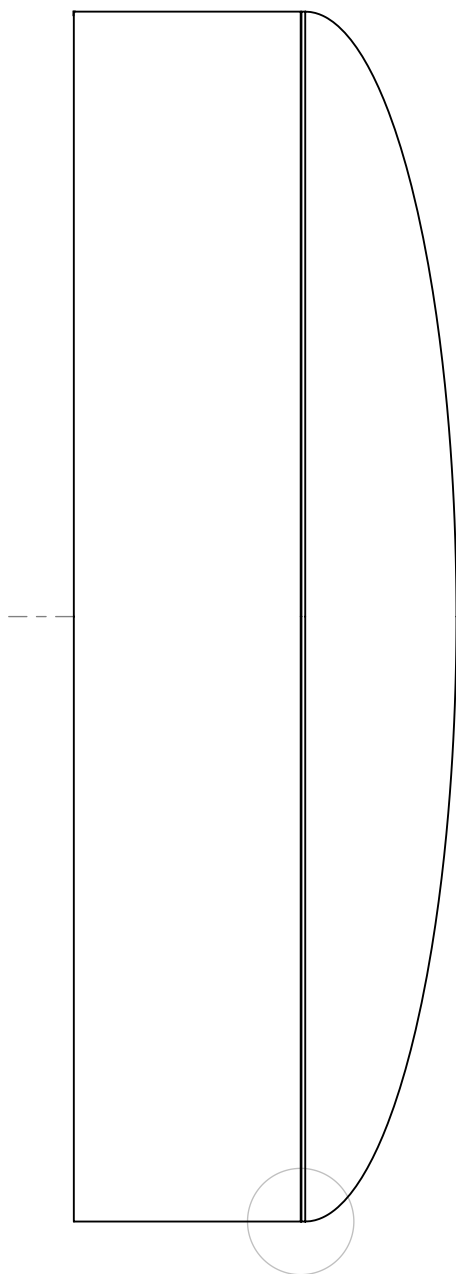
SEPTIEMBRE/2014

ESCALA:

1:50

NUMERO PLANO:

14



DETALLE A 1:1



UNIVERSIDAD POLITECNICA  
DE CARTAGENA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES

AUTOR

JOSÉ PÉREZ RÍOS

DIMENSIONES

mm

Aprobado:

Revisado:

TÍTULO:

SOLDADURAS FONDOS DEL DEPOSITO

DIBUJO

FECHA:

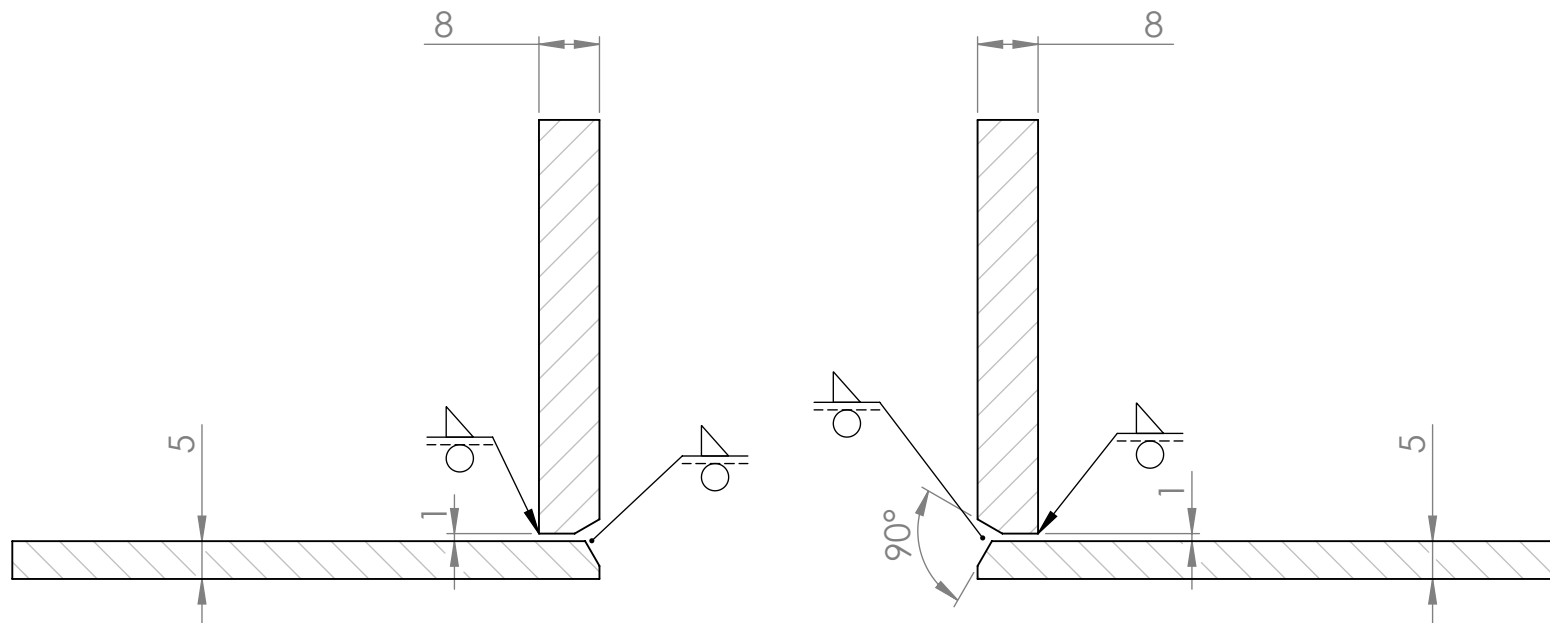
SEPTIEMBRE/2014

ESCALA:

1:10

NUMERO PLANO:

15



UNIVERSIDAD POLITECNICA  
DE CARTAGENA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES

AUTOR

JOSÉ PÉREZ RÍOS

DIMENSIONES

mm

Aprobado:

Revisado:

TÍTULO:

UNION BOCA DE HOMBRE/VIROLA

DIBUJO

FECHA:

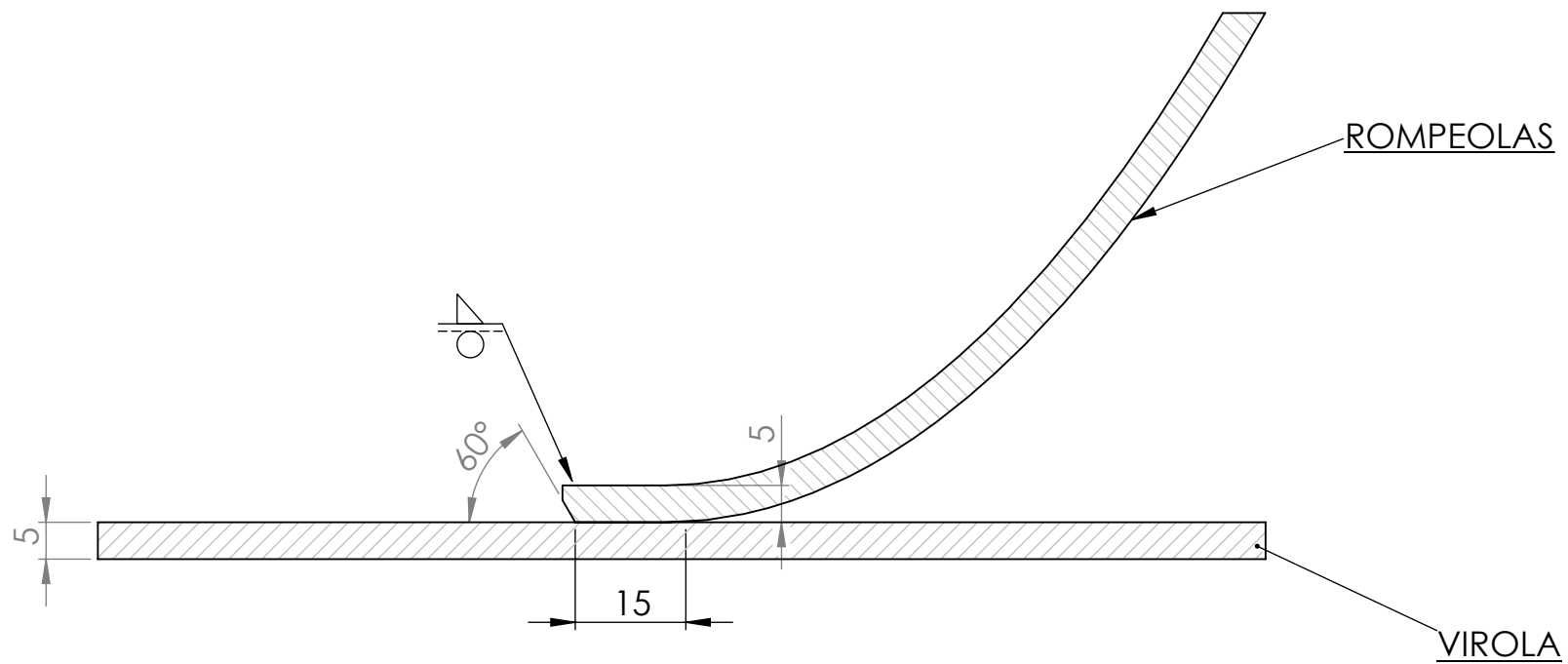
SEPTIEMBRE/2014

ESCALA:

1:1

NUMERO PLANO:

16



UNIVERSIDAD POLITECNICA  
DE CARTAGENA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES

AUTOR

JOSÉ PÉREZ RÍOS

DIMENSIONES

mm

Aprobado:

Revisado:

TÍTULO:

SOLDADURA DE ROMPEOLAS

DIBUJO

FECHA:

SEPTIEMBRE/2014

ESCALA:

1:1

NUMERO PLANO:

17

# IV.-PROCEDIMIENTOS DE FABRICACIÓN Y SOLDADURA

## IV.1.- Fases de fabricación y montaje

### IV.1.1.- Fabricación del depósito

Los procesos de fabricación deben ser tales que el grado de conformado requerido para un diseño particular del depósito no genere fisuras o cualquier otro signo de deformación en el material del mismo.

Mediante una cortadora laser, se cortan las planchas de acero inoxidable del espesor de diseño que, doblándolas gracias a una laminadora que las deja en la forma elíptica buscada y soldándolas mediante el método TIG de soldadura (Tungsten Inert Gas), formarán la cisterna. Una vez cortadas y antes de deformarlas y soldarlas, deben acabarse mediante mecanizado o rectificado con el fin de eliminar las entallas marcadas, escorias y escamas.

Los bordes que van a soldarse deben inspeccionarse después del corte y la preparación y el soldeo debe llevarse a cabo únicamente si no se presenta ninguno de los defectos siguientes:

- Desprendimiento del material (laminaciones)
- Trazas de escorias de laminación
- Depósitos de cobre o carbón
- Fisuras abiertas hacia la superficie
- Restos de pintura
- Restos de grasa u otra contaminación superficial que podría provocar efectos adversos sobre la calidad de la soldadura
- Inclusiones de escoria

Se usará alambre de acero como metal de relleno al soldar para unir las planchas necesarias. Las soldaduras deberán igualarse y estar en línea recta. Para este cometido se usa una lijadora de banda.

Los aros de refuerzo también se harán con una laminadora que los deja en forma cilíndrica. Los aros se sueldan sobre la cisterna, inspeccionando frecuentemente la soldadura realizada.

Las tapas de la cisterna (cilindro) ya fabricadas, se sueldan a continuación. Debido al gradiente de temperaturas al soldar piezas en el exterior se produce una decoloración en el interior y, por lo tanto, el acero del interior del cilindro debe ser pulido.

## IV.1.2.- Unión con el vehículo. Fatigas.

Se suelda cada sección de acero al armazón.

Se colocan los guardabarros o alerones sobre los neumáticos traseros.

Después se instala una escalera de acero inoxidable que dará acceso a la parte superior de la cisterna y a las bocas de hombre y equipos de servicio.

Se instalan las luces de freno y también los intermitentes.

Por último se comprueban todas las conexiones y válvulas que se utilizan para manejarla.

## IV.1.3.- Tolerancias de fabricación. Reparación de defectos.

Los desalineamientos de las superficies de las placas adyacentes al nivel de los cordones de soldadura longitudinales y circunferenciales no deben ser más del 25% del espesor de la placa de menor espesor y no debe superar 1 mm.

La distancia entre la superficie de la placa de mayor espesor y la línea central de la placa de menor espesor de cordones cónicos debe ser:

- Para cordones de soldadura longitudinales, no inferior al 35% del espesor de la placa de menor espesor
- Para cordones de soldadura circunferenciales, no inferior al 25% del espesor de la placa de menor espesor.

Si hay defectos de forma tales como salientes o hendiduras, estos deben ser suavizados y su profundidad, medida como una desviación con respecto a la curvatura normal o desde la línea de la envolvente cilíndrica, no debe ser superior al 2% de su longitud o anchura.

Los defectos superficiales en el material base, tales como golpes de arco, marcas de herramientas, marcas de corte, etc. Deben eliminarse mediante rectificado. El área rectificada debe tener una transición suave con respecto a las áreas circundantes.

El espesor del material después de que haya finalizado la reparación debe encontrarse dentro de las tolerancias de diseño y en ninguna circunstancia debe ser inferior al espesor mínimo determinado.

Una vez terminada la reparación, el área afectada por la misma debe inspeccionarse mediante un procedimiento apropiado.

## IV.2.- Soldaduras. Procedimientos y técnicas empleadas. Certificación y cualificación. Reparación de los defectos de soldadura.

Los detalles para el soldeo deben seleccionarse teniendo en cuenta:

- El método de fabricación
- Las condiciones de servicio
- La facilidad para llevar a cabo ensayos no destructivos

Pueden utilizarse los tipos de soldadura que demuestren ser adecuados cuando se ensayen de acuerdo con las Normas EN ISO 15614-1, EN ISO 15614-2 o EN ISO 15613, según proceda.

Cuando cualquier parte del depósito sea fabricada con dos o más secciones circunferenciales:

- Las soldaduras longitudinales de dos secciones adyacentes deben estar separadas una distancia no inferior a 50 mm o;
- Una soldadura transversal debe reemplazarse por una placa circular del mismo material con un diámetro no inferior a 150 mm, a menos que el procedimiento aplicado para la soldadura transversal esté incluido en los procesos de soldadura cualificados para el depósito.

### IV.2.1.- Dispositivos temporales.

Los dispositivos temporales soldados directamente al depósito deben reducirse al mínimo. Los materiales empleados para dispositivos temporales deben conocerse que son compatibles con el material del depósito (Acero AISI 316-L), es decir, capaces de poderse soldar a éste sin producir defectos.

Estos dispositivos deben ser retirados del depósito antes de efectuar los ensayos hidráulicos. Las técnicas para retirarlos deben ser tales que eviten que se dañe la integridad del depósito. Cualquier rectificación necesaria mediante soldeo de las regiones dañadas debe realizarse de acuerdo con las partes apropiadas de la Norma EN ISO 15607.

Los dispositivos metálicos distintos pueden soldarse a componentes intermedios, tales como bridas, que se conectan permanentemente al depósito. Deben emplearse materiales de soldadura compatibles para las uniones metálicas distintas.

### IV.2.2.- Cualificación.

Debe implementarse y mantenerse un sistema de aseguramiento de la calidad de soldeo que sea conforme con las normas EN ISO 3834-1 y EN ISO 3834-2.

Los procesos de soldeo deben cualificarse de acuerdo con las partes correspondientes de las normas EN ISO 15607, EN ISO 15609-1N EN ISO 15609-2 o EN ISO 15614, según sea lo apropiado.

La fabricación de envoltentes soldadas debe llevarse a cabo por personas que estén cualificadas conforme a las normas EN 287-1 o EN ISO 9606-2, según proceda.

### IV.2.3.- Inspección y ensayo de las soldaduras.

Todas las soldaduras deben inspeccionarse visualmente en toda su longitud de acuerdo con la Norma EN 970 y deben satisfacer los criterios de la Norma EN ISO 5817:2007, nivel C para acero.

Para un factor de eficacia de soldeo de 0,8 ( $\lambda=0,8$ ) una proporción de soldaduras debe someterse a un ensayo no destructivo según se especifica en la norma EN 12972. La inspección debe hacerse mediante un ensayo radiográfico según la norma EN 1435. No será de aplicación un ensayo por ultrasonidos según la norma EN 1714, ya que este último no debe usarse para cisternas de acero inoxidable.

Todas las soldaduras examinadas deben cumplir los criterios de la Norma EN ISO 5817:2007, nivel C para acero.

En los ensayos no destructivos las soldaduras deben someterse a un END según la norma EN 12972. Radiografía: EN 1435 (100% en las cruces y 10% en las costuras). El ensayo debe llevarse a cabo por una persona competente, cualificada conforme a la Norma EN 473 y trabajando conforme a un procedimiento cualificado mediante un operador de nivel 3. Los informes de las inspecciones deben ser firmados por una persona cualificada, al menos, con un nivel 2.

Para las uniones y/o detalles se deberán considerar las siguientes especificaciones: EN 1808-1, EN 13094:2008+AC: 2008, EN ISO 15614-1, EN ISO 15614-2, EN ISO 15613 (según proceda).

### IV.2.4.- Defectos en la soldadura.

La extensión de una reparación debe determinarse por la posición, el tamaño y el tipo de defecto. Debe consistir en una reparación del defecto y del área circundante solamente o en la eliminación completa de la soldadura que contenga el defecto.

Las reparaciones deben realizarse de acuerdo con un procedimiento cualificado con EN 288, EN ISO 15607, EN ISO 15609-1, EN ISO 15614-2; según proceda. Las reparaciones por rectificado que no incluyan el soldeo deben terminarse con el fin de proporcionar una transición suave con respecto a las áreas circundantes.

### IV.2.5.- Ejemplos de soldaduras.



En las siguientes figuras se muestran ejemplos de unión de diferentes partes de la cisterna mediante soldadura que luego aplicaremos a nuestra cisterna (Ver apartado III PLANOS).

### Unión de virolas

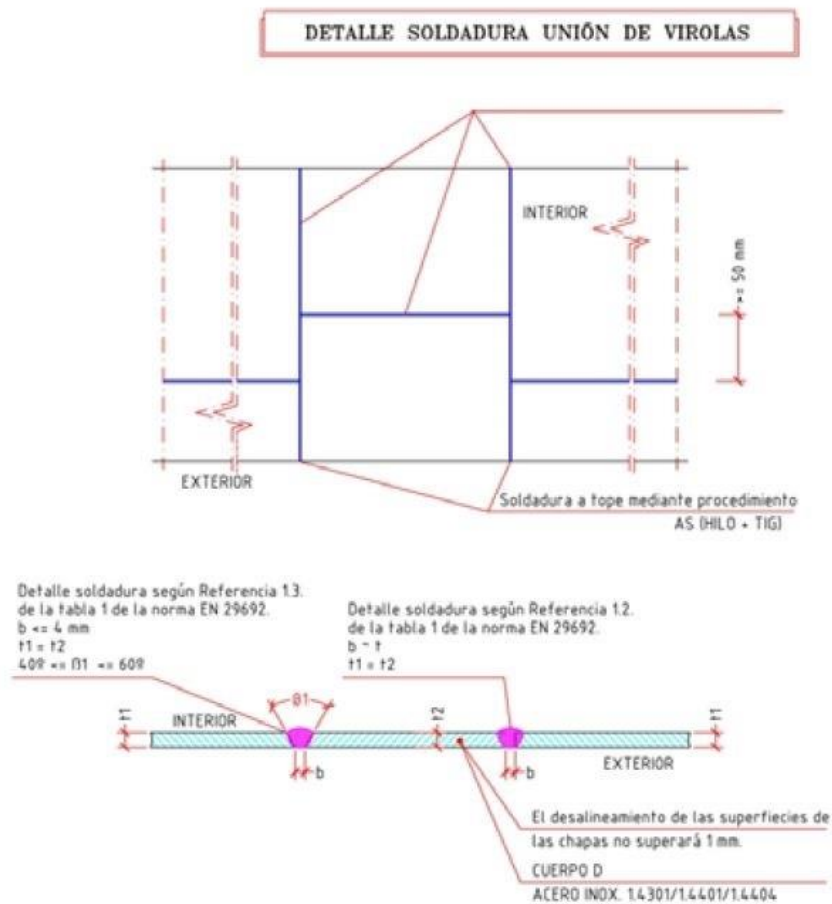
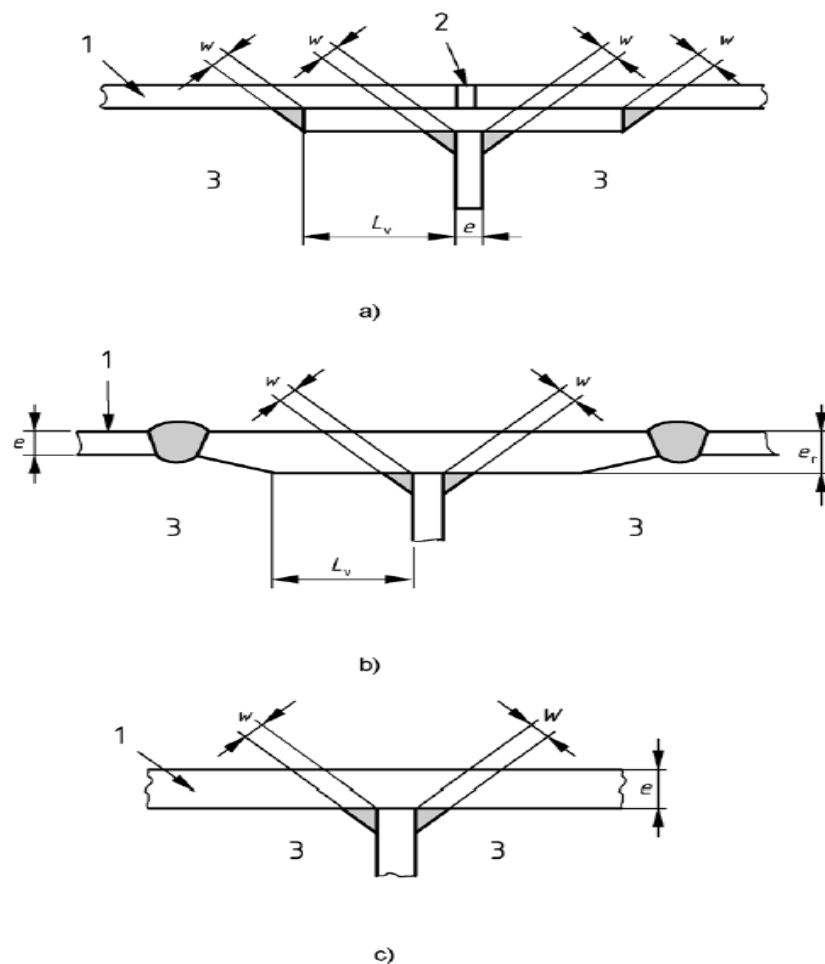
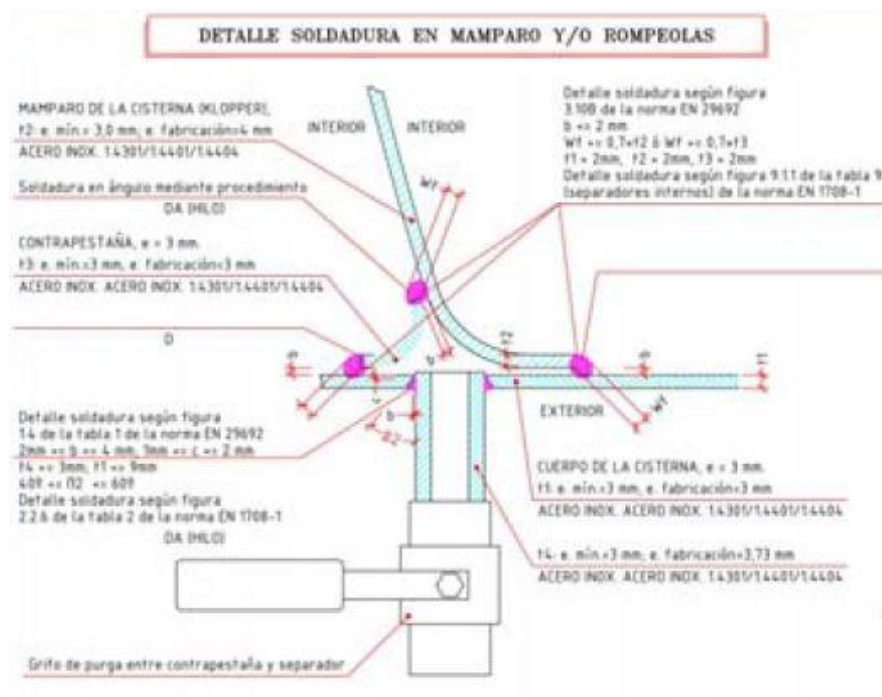


Figura 42. Detalle de soldadura típica para la unión de virolas

### Unión de rompeolas



**Leyenda**

- 1 Depósito
- 2 Orificio indicador
- 3 Interior de la cisterna

Figura 43. Detalle soldadura en rompeolas y mamparas

## Unión de boca de hombre

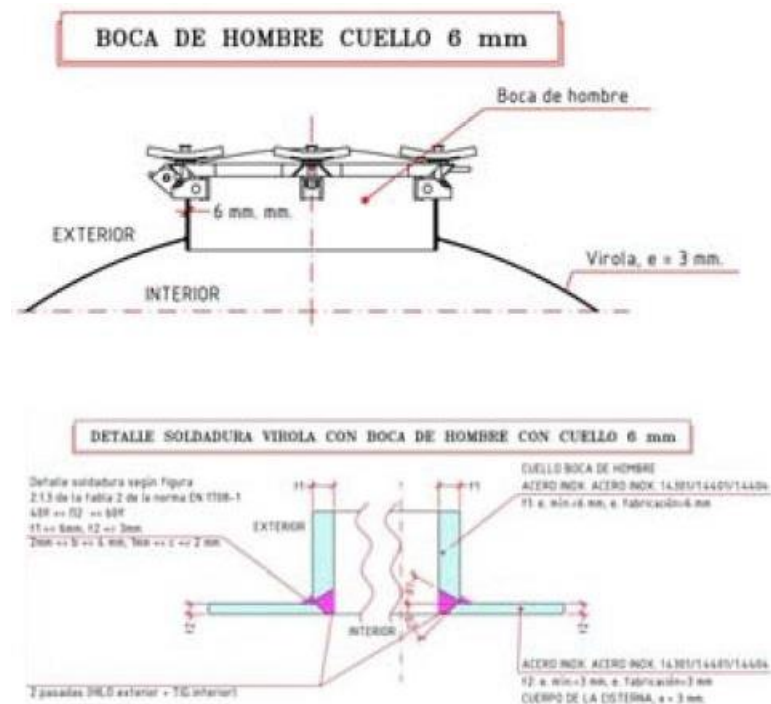


Figura 44. Detalle soldadura de boca de hombre

## Unión de fondos

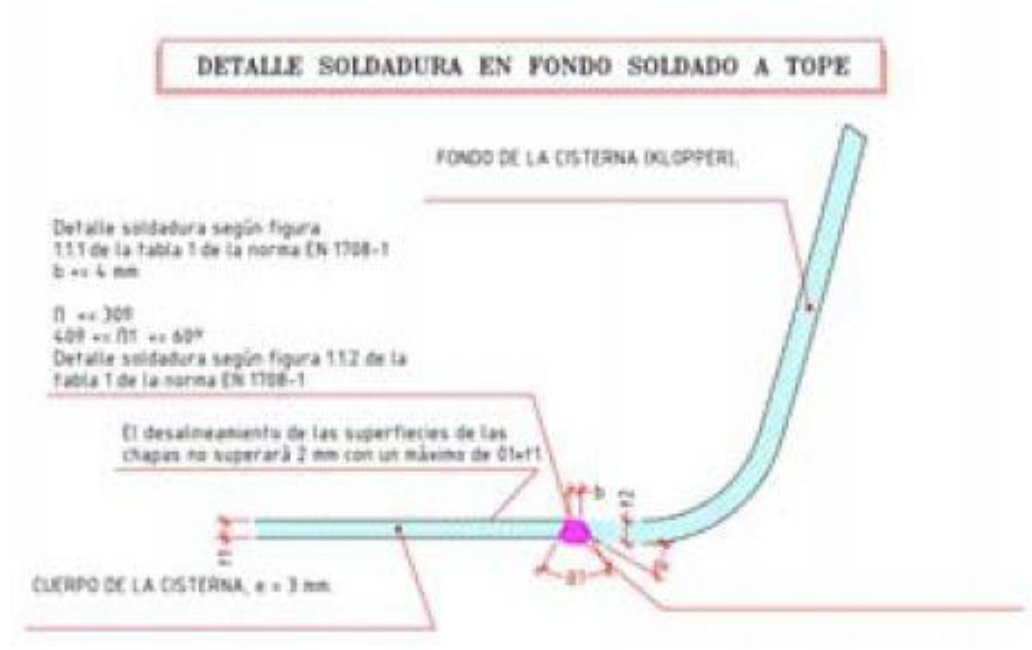


Figura 45. Detalle soldadura en fondo soldado a tope

# V.-INSPECCIONES, ENSAYOS Y PRUEBAS

## V.1.- Controles y ensayos

Los depósitos y sus equipos se someterán, bien en conjunto o por separado, a un control inicial previo a su puesta en servicio. Este control comprenderá:

- verificación de la conformidad con el tipo autorizado;
- verificación de las características de construcción;
- examen del estado interior y exterior;
- prueba de presión hidráulica a la presión de prueba hidráulica, que será igual a la presión de cálculo.
- prueba de estanqueidad y verificación del buen funcionamiento del equipo.

La prueba de presión hidráulica deberá efectuarse sobre el conjunto del depósito.

El depósito y sus equipos deberán someterse a controles periódicos como máximo cada seis años.

Los controles periódicos comprenderán:

- Un examen del estado interior y exterior;
- Una prueba de estanqueidad del depósito con sus equipos y una verificación del funcionamiento correcto de todo el equipo;
- Una prueba de presión hidráulica.

El depósito y sus equipos deberán someterse a controles intermedios como mínimo cada tres años después del control inicial y de cada control periódico. Estos controles intermedios se pueden llevar a cabo en el plazo de tres meses, antes o después de la fecha especificada. Sin embargo, el control intermedio se puede llevar a cabo en cualquier momento antes de la fecha especificada.

Si se lleva a cabo un control intermedio más de tres meses antes de la fecha prevista, se realizará otra inspección intermedia como muy tarde tres años después de dicha fecha.

Estos controles intermedios incluirán una prueba de estanquidad del depósito con sus equipos y una verificación del funcionamiento correcto de todo el equipo.

Para esto, la cisterna deberá someterse a una presión efectiva interior al menos igual a la presión máxima de servicio.

Para las cisternas provistas de dispositivos de respiración y de un dispositivo adecuado para impedir que el contenido se vierta al exterior en caso de vuelco de la

cisterna, la presión de prueba de estanqueidad será igual a la presión estática de la materia de llenado.

Cuando la seguridad de la cisterna o de los equipos pudiera haber resultado afectada a causa de una reparación, modificación o un accidente, se efectuará un control excepcional, el cual si se han cumplido los requerimientos anteriormente dispuestos, se podrá considerar este control como un control periódico.

Las pruebas, controles y verificaciones se realizarán por el perito aprobado por la autoridad competente. Se expedirán certificados que recojan el resultado de tales operaciones, incluso en caso de resultados negativos.

Una copia de los certificados deberá adjuntarse al dossier de la cisterna de cada cisterna.

## V.2.- Inspecciones y pruebas

La norma UNE EN 12972 especifica los ensayos, las inspecciones y el marcado para la aprobación de tipo, la inspección inicial, inspecciones periódicas, intermedias y comprobación extraordinaria de las cisternas destinadas al transporte de mercancías peligrosas.

### V.2.1.- Inspección para la aprobación de tipo

La inspección para la aprobación de tipo debe llevarse a cabo de acuerdo con los siguientes apartados:

- Examen de los documentos
- Comprobación de las características de diseño
- Inspección del interior de la cisterna
- Inspección del exterior de la cisterna
- Ensayo de presión hidráulica
- Ensayo de vacío
- Ensayo de estanquidad
- Determinación de la capacidad con agua
- Inspección de los equipos de servicio
- Inspección del bastidor y de otros equipos estructurales de las cisternas móviles y contenedores-cisterna.

El inspector debe emitir un informe de ensayo en el que se registren los resultados para la inspección de tipo.

### V.2.2.- Inspección inicial

La inspección inicial debe llevarse a cabo de acuerdo con los siguientes apartados:

- Examen de los documentos
- Comprobación de las características de diseño

- Inspección del interior de la cisterna
- Inspección del exterior de la cisterna
- Ensayo de presión hidráulica
- Ensayo de estanqueidad
- Determinación de la capacidad con agua
- Inspección de los equipos de servicio
- Inspección del bastidor y de otros equipos estructurales de las cisternas móviles y contenedores-cisterna

El inspector debe emitir un certificado en el que se hagan constar los resultados de la inspección inicial.

### V.2.3.- Inspección periódica

La inspección periódica debe llevarse a cabo de acuerdo con los siguientes apartados:

- Examen de los documentos
- Inspección del interior de la cisterna
- Inspección del exterior de la cisterna
- Ensayo de presión hidráulica
- Ensayo de estanqueidad
- Determinación de la capacidad con agua
- Inspección de los equipos de servicio
- Inspección del bastidor y de otros equipos estructurales de las cisternas móviles y contenedores-cisterna

El inspector debe emitir un certificado en el que se hagan constar los resultados de la inspección periódica.

### V.2.4.- Inspección intermedia

La inspección intermedia debe llevarse a cabo de acuerdo con los siguientes apartados:

- Examen de los documentos
- Inspección del interior de la cisterna
- Inspección del exterior de la cisterna
- Ensayo de estanqueidad
- Inspección de los equipos de servicio
- Inspección del bastidor y de otros equipos estructurales de las cisternas móviles y contenedores-cisterna

El inspector debe emitir un certificado en el que se registren los resultados de la inspección periódica.

### V.2.5.- Inspecciones extraordinarias

### **Después de un daño o de una reparación de la cisterna**

La inspección extraordinaria, después de que la cisterna haya sufrido algún daño que comprometa la seguridad del recipiente, y/o haya sido sometida a una reparación, debe llevarse a cabo de acuerdo con los siguientes apartados correspondientes:

- Examen de los documentos
- Comprobación de las características de diseño
- Inspección del interior de la cisterna
- Inspección del exterior de la cisterna
- Ensayo de presión hidráulica
- Ensayo de estanqueidad
- Determinación de la capacidad con agua
- Inspección de los equipos de servicio

### **Después de una reparación o sustitución de los equipos de servicio**

La inspección extraordinaria después de la reparación o sustitución de los equipos de servicio debe realizarse de acuerdo con los siguientes apartados:

- Examen de los documentos
- Comprobación de las características de diseño
- Ensayo de estanqueidad
- Inspección de los equipos de servicio

### **Después de una modificación de la cisterna**

Cuando se realiza una modificación de la cisterna no incluida en la aprobación tipo, se debe realizar una nueva evaluación de las unidades aplicables para la inspección para reevaluar la aprobación de tipo

### **Después de la sustitución o reparación del bastidor o equipo estructural**

La inspección extraordinaria después de la reparación o sustitución del bastidor o del equipo estructural debe realizarse de acuerdo con los siguientes apartados:

- Examen de los documentos
- Comprobación de las características de diseño
- Inspección del bastidor y de otros equipos estructurales de las cisternas móviles y contenedores-cisterna

### **Después de una reparación o de una sustitución del revestimiento posterior**

Debe realizarse de acuerdo con los siguientes apartados:

- Examen de los documentos
- Comprobación de las características de diseño
- Inspección del interior de la cisterna
- Pruebas de presión hidráulica tras la aplicación de calor que pueda comprometer la seguridad de la cisterna
- Ensayo de estanqueidad

### **Documentación, certificación y marcado**

El inspector debe emitir un certificado en el que se registren los resultados de la inspección extraordinaria. Se debe registrar cualquier defecto significativo que pueda comprometer la seguridad de la cisterna o el equipo y cualquiera de las reparaciones a que den lugar dichos defectos se deben registrar también en este certificado.

### **V.2.6.- Examen de los documentos**

Se deben examinar los documentos para confirmar que se han respetado los requisitos de las reglamentaciones sobre mercancías peligrosas y el código técnico. Debe verificarse la compatibilidad de los materiales utilizados para la construcción de la cisterna y todo recubrimiento o revestimiento y los equipos con las mercancías peligrosas que se van a utilizar.

### **V.3.- Comprobación de las características de diseño. Ensayos no destructivos de las soldaduras**

El ensayo no destructivo de las soldaduras debe realizarse mediante radiografías o por ultrasonidos. Las soldaduras que no puedan controlarse por radiografía o por ultrasonidos, debido a su tipo o a su localización, se pueden controlar mediante líquidos penetrantes o por ensayo de partículas magnéticas.

El ensayo no destructivo de las soldaduras debe realizarse como se indica en el código técnico utilizado para el diseño y la construcción de la cisterna.

Para cisternas cuyo diseño utiliza un factor de eficiencia de la soldadura  $\lambda$  de 0,8:

- Se deben ensayar todos los cordones de soldadura y en una longitud de cordón igual al 10% de la longitud total de las soldaduras, longitudinales, circulares o radiales (por ejemplo, en los extremos de la cisterna).

### **V.4.- Informe de los ensayos, certificado y marcado**

Se debe emitir un informe del ensayo para la aprobación de tipo.

Se debe emitir un certificado después de la obtención de resultados satisfactorios de las inspecciones inicial, periódica o intermedia, o de la inspección excepcional.



Los requisitos u observaciones adicionales que pueden influir en la siguiente inspección regular o comprobación excepcional deben incluirse en el certificado.

## **Marcado**

Las placas de las cisternas para cisternas fijas y cisternas desmontables deben llevar las informaciones que se recogen en la tabla 13. Cualquier modificación de algún dato de la placa de características de las cisternas requerido por la norma UNE EN 12972 debe atestigüarse mediante el sello del inspector en un lugar cercano a la información modificada. El contenido del marcado de la placa de la cisterna se muestra en la tabla 14.

El marcado que no sea necesariamente requerido sobre la placa de características de la cisterna debe cumplir con la reglamentación correspondiente. Si la información se da en la placa y en otros lugares, esta información debe ser idéntica. En cualquier caso la información debe cumplir con los documentos válidos.

1	Fabricante			
2	Número de aprobación			
3	Número de serie del fabricante			
4	Año de fabricación			
5	Presión de ensayo	a) Cisterna completa	MPa	
		b) Compartimentos	MPa	
6	Capacidad total del recipiente	Litros		
	Capacidad de los compartimentos	1	1	1
		1	1	1
7	Temperatura de diseño	°C		
8	Material de la cisterna y referencia de material			
9	Material de la capa o del recubrimiento de protección			
10	Aislamiento			
11	Presión máxima de servicio	MPa		
12	Presión externa de diseño			
13	Nombre de la(s) mercancía(s) peligrosa(s)	14 Masa máxima	15 Presión máxima de llenado	16 Temperatura de llenado
		kg	MPa	°C
17	Sellos del inspector (inspección inicial, intermedia y periódica)			

NOTA Las líneas 5b), 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16 sólo si se exigen; en caso contrario, deben omitirse.

Tabla 13. Información que debe llevar la cisterna fija y desmontable

<b>Línea N°</b>	<b>Contenido</b>
1	Nombre del fabricante o marca
2	Número de la aprobación emitida por la autoridad competente o por el organismo designado por esta autoridad
3	Número de serie o número de producción dado por el fabricante
4	Año de fabricación
5	Presión de ensayo del recipiente en su conjunto y de cada compartimento, en MPa (presión manométrica cuando la presión de ensayo de cada compartimento es inferior a la de la cisterna)
6	Capacidad en litros; si la máxima capacidad útil es menor que la capacidad interior total, se debe indicar esta capacidad reducida en la placa de características de la cisterna
7	Temperatura de diseño, en °C (si es superior a 50 °C o inferior a – 20 °C)
8	Materiales que constituyen las paredes y, si son diferentes, los de los extremos
9	Material de la capa o del recubrimiento de protección, si procede. Se pueden utilizar los nombres comerciales si son de uso generalizado
10	Si procede: tipo de aislamiento de la cisterna con todas las letras, por ejemplo: “aislamiento térmico” o “aislamiento térmico para el vacío”
11	Presión (manométrica) máxima de servicio, en MPa
12	Presión externa de diseño en MPa
13	El nombre de envío adecuado y en el caso de introducción de números el nombre técnico del (los) gas(es) para el (los) que está aprobada la cisterna
14	Masa máxima admisible de las sustancias recogidas en el capítulo 13
15	Presión máxima de llenado de gases a 15 °C
16	Temperatura de llenado de gases si ésta es inferior a – 20 °C
17	Mes y año de la inspección inicial y de cada inspección intermedia y periódica posterior, y el sello del inspector que haya realizado la inspección seguido de la letra “L” en el caso de una inspección intermedia o una “P” en caso de una inspección inicial o periódica

Tabla 14. Contenido del marcado de la placa de la cisterna

# VI.-DOCUMENTACIÓN Y CERTIFICACIÓN

Siguiendo el Real Decreto 97/2014 por el que se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español, dispone en lo que refiere a los vehículos cisterna, que le sea remitida una copia al órgano competente de la Comunidad Autónoma de los siguientes documentos.

Documentos a generar para la certificación de prototipo de cisternas, vehículos-batería y CGEM.:

- a) Certificado de conformidad con requisitos reglamentarios de un tipo (apéndice E.6).
- b) Documento H especial (apéndice E.7).
- c) Documentos de clase (apéndice E.8).
- d) Ficha técnica (apéndice E.20).

Documentos a generar durante el seguimiento de la construcción en todas sus fases de cisternas, vehículos-batería y CGEM.:

- a) Acta de conformidad de las uniones soldadas (apéndice E.9).
- b) Informe radiográfico (apéndice E.22).
- c) Croquis radiográfico (apéndice E.23).
- d) Acta de conformidad de los materiales (apéndice E.10).
- e) Informe de inspección por ultrasonidos y partículas magnéticas (apéndice E.24).
- f) Acta de ensayo de tracción de las probetas.

Documentos a generar durante la inspección inicial, antes de la puesta en servicio, las cisternas, vehículos-batería y CGEM.:

- a) Acta de conformidad de la cisterna o vehículo-batería y CGEM. (apéndice E.11).
- b) Certificado de prueba de estanqueidad (apéndice E.18).
- c) Certificado de prueba depresión hidráulica (apéndice E.19).
- d) Acta de prueba volumétrica (apéndice E.12).
- e) Certificado de calibración de válvulas de seguridad y prueba de válvulas de aireación (apéndice E.13).
- f) Otras actas de prueba reglamentariamente exigidas.
- g) Documento H para aprobación de tipo de cisterna, vehículo-batería o C.G.E.M. (apéndice E.7).
- h) Documentos G (apéndice E.14).
- i) Documentos V1 y V2 y acta de cumplimientos de un vehículo base, vehículo completo o completado EXII o EXIII, vehículo-cisterna, vehículo-batería, vehículo para cisternas desmontables, vehículo para contenedores-cisterna, vehículos para cisternas portátiles o CGEM. (apéndice E.25).

- j) Documentos de clase (apéndice E.8).
- k) Ficha técnica cisterna (apéndice E.20).
- l) Fotocopia o fotografía de la placa de características de la cisterna.

Documentos a generar durante las inspecciones periódicas de cisternas, vehículos-batería y CGEM:

- a) Acta de inspección periódica de una cisterna o contenedor cisterna (apéndice E.15).
- b) Certificado de prueba de estanqueidad (apéndice E.18).
- c) Certificado de prueba de presión hidráulica, si corresponde (apéndice E.19).
- d) Certificado de calibración de válvulas de seguridad y prueba de válvulas de aireación (apéndice E.13).
- e) Acta de ensayos no destructivos, para la clase 2, (apéndice E.24).
- f) Otras actas de prueba reglamentariamente exigidas.
- g) Documentos G (apéndice E.14).
- h) Documentos V1 y V2 y acta de cumplimientos de un vehículo base, vehículo completo o completado EXII o EXIII, vehículo-cisterna, vehículo-batería, vehículo para cisternas desmontables, vehículo para contenedores-cisterna, vehículos para cisternas portátiles o CGEM (apéndice E.25).
- i) Documentos de clase (apéndice E.8).
- j) Ficha técnica cisterna (apéndice E.20)
- k) Fotocopia o fotografía de la placa de características de la cisterna.

Documentos a generar durante las inspecciones excepcionales:

- a) Informe previo a la modificación o reparación de una, vehículo-batería o CGEM (apéndice E.16).
- b) Acta de inspección de una cisterna o vehículo-batería o CGEM para el transporte de mercancías peligrosas tras su modificación o reparación (apéndice E.17).
- c) Certificado de prueba de estanqueidad (apéndice E.18).
- d) Certificado de prueba de presión hidráulica (apéndice E.19).
- e) Acta de prueba volumétrica (apéndice E.12).
- f) Certificado de calibración de válvulas de seguridad y prueba de válvulas de aireación (apéndice E.13).
- g) Otras actas de prueba reglamentariamente exigidas.
- h) Documento H para aprobación de tipo de cisterna, vehículo-batería o C.G.E.M. (apéndice E.7).
- i) Documentos G (apéndice E.14).
- j) Documentos V1 y V2 y acta de cumplimientos de un vehículo base, vehículo completo o completado EXII o EXIII, vehículo-cisterna, vehículo-batería, vehículo para cisternas desmontables, vehículo para contenedores-cisterna, vehículos para cisternas portátiles o CGEM (apéndice E.25).
- k) Documentos de clase (apéndice E.8).
- l) Ficha técnica de la cisterna (apéndice E.20).

Ver y completar los siguientes Apéndices del RD 97/2014:

E.6/E.7/E.8/E.9/E.10/E.11/E.12/E.13/E.14/E.18/E.19/E.20/E.22/E.23/E.24.

APENDICE E.6			
CERTIFICADO DE CONFORMIDAD CON LOS REQUISITOS REGLAMENTARIOS DE UN TIPO DE ..... PARA EL TRANSPORTE DE MERCANCÍAS PELIGROSAS POR CARRETERA			CERTIFICADO N.º
NÚMERO DE CONTRASEÑA DE TIPO: .....			
ORGANISMO DE CONTROL: .....			
TIPO DE VEHÍCULO: <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 200px; height: 15px;"></span>			
EMPRESA FABRICANTE: <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 200px; height: 15px;"></span>			
CERTIFICACIÓN: .....			
Tipo: .....			
Marca: ..... Modelo: .....			
Volumen total en m <sup>3</sup> : ..... Presión de servicio en bar: .....			
CÓDIGO DE CISTERNA, VEHÍCULO BATERÍA O C.G.E.M. ....			
MATERIA QUE PUEDE TRANSPORTARSE: (se recogen más materias en anexo a este documento)			
N.º ONU	Clase	Grupo de embalaje	Designación oficial de transporte
.....(el equipo de transporte)..... cumple con las siguientes disposiciones especiales relativas a la construcción (TC), a los equipos (TE) y de aprobación de tipo (TA).			
Estudiado el proyecto correspondiente a la cisterna, vehículo batería o C.G.E.M arriba referenciado y vista la reglamentación correspondiente, y especialmente el ADR y Normas de Construcción y Ensayo de cisternas, actualmente en vigor, este organismo de control CERTIFICA que este tipo cisterna, vehículo batería o C.G.E.M. cumple con la reglamentación vigente para su aprobación.			
El Proyecto presentado, visado por el Colegio Oficial de ....., con el número ....., de fecha ....., consta de la documentación siguiente, la cual ha sido sellada por este organismo:			
<input type="checkbox"/> Memoria con cálculos justificativos. <input type="checkbox"/> Equipos de servicios y estructurales. <input type="checkbox"/> Proceso de Fabricación y Procedimiento de Soldadura. <input type="checkbox"/> Materias o grupos de materias autorizadas. <input type="checkbox"/> Planos n.º .....			
Anejo a este certificado, con el número de Contraseña de Tipo y sellados por este organismo están:			
<input type="checkbox"/> Ficha técnica de la cisterna, vehículo batería o CGEM o Plano General n.º: <input type="checkbox"/> Documento H (INFORME DE INSPECCIÓN PARA HOMOLOGACIÓN). <input type="checkbox"/> Documento de Clase (INSPECCIÓN ESPECÍFICA PARA LA CLASE 2 (Apéndice 3.8 - clase 2) O PARA LAS CLASES 3 a 9 (Apéndice 3.8 - clases 3 a 9)). <input type="checkbox"/> Relación de variaciones que se admiten en la cisterna, vehículo batería o CGEM que se construyan en serie en conformidad con este tipo y con lo que permite el ADR en su apartado 6.8.2.3.1.			
En ..... a ..... de ..... de 20 .....			
EL DIRECTOR TÉCNICO DEL ORGANISMO DE CONTROL			
OBSERVACIONES			
1. Las características de construcción de las cisternas, vehículo batería o CGEM que se fabriquen, corresponderán con las que figuran en este certificado, sus anexos y proyecto referenciado. 2. La conformidad de la producción se comprobará por el procedimiento establecido en la reglamentación vigente. 3. Este certificado perderá su validez si se comprueba que las características de producción no coinciden con las del tipo aprobado. 4. Solamente se podrán transportar las materias que no sean susceptibles de reaccionar peligrosamente con los materiales del depósito, las juntas, los equipamientos y los revestimientos protectores, si fuera aplicable.			

Figura 46. Certificado de conformidad

# VII.-EVALUACIÓN DE RIESGOS DE LA SEGURIDAD Y EL MEDIO AMBIENTE

## VII.1.- Accidentes. Plan de emergencia. Evaluación de riesgos según productos a transportar

En caso de accidente o emergencia que puede producirse o surgir durante el transporte, los miembros de la tripulación del vehículo llevarán a cabo las siguientes acciones cuando sea seguro y practicable hacerlo:

- Aplicar el sistema de frenado, apagar el motor y desconectar la batería accionando el interruptor cuando exista;
- Evitar fuentes de ignición, en particular, no fumar o activar ningún equipo eléctrico;
- Informar a los servicios de emergencia apropiados, proporcionando tanta información como sea posible sobre el incidente o accidente y las materias involucradas;
- Ponerse el chaleco fluorescente y colocar las señales de advertencia auto-portantes como sea apropiado;
- Mantener los documentos de transporte disponibles para los receptores a su llegada;
- No andar sobre las materias derramadas, no tocarlas y evitar la inhalación de gases, humo, polvo y vapores manteniéndose en el lado desde donde sopla el viento;
- Siempre que sea posible hacerlo con seguridad, emplear los extintores para apagar incendios pequeños/iniciales en neumáticos, frenos y compartimento del motor;
- Los miembros de la tripulación del vehículo no deberán actuar contra los incendios en los compartimentos de carga;
- Siempre que sea posible hacerlo con seguridad, emplear el equipo de a bordo para evitar fugas al medio ambiente acuático o al sistema de alcantarillado y para contener los derrames;
- Apartarse de las proximidades del accidente o emergencia, aconsejar a otras personas que se aparten y seguir el consejo de los servicios de emergencias;
- Quitarse toda ropa y equipos de protección contaminados después de su utilización y deshacerse de estos de forma segura.



Indicaciones adicionales para los miembros de la tripulación del vehículo sobre las características de peligro de las mercancías peligrosas por clase y sobre las acciones a realizar en función de las circunstancias predominantes		
Etiquetas y paneles de peligro	Características de peligro	Indicaciones suplementarias
(1)	(2)	(3)
Líquidos inflamables  3	Riesgo de incendio. Riesgo de explosión. Los dispositivos de confinamiento pueden explotar bajo los efectos del calor.	Refugiarse. Mantenerse lejos de zonas bajas.
 Sustancias peligrosas para el medio ambiente	Riesgo para el medio ambiente acuático o los sistemas de alcantarillado	

Tabla 15. Indicaciones adicionales sobre las características del peligro de las mercancías peligrosas por clase y sobre las acciones a realizar en función de las circunstancias predominantes

## VII.2.- Seguridad de la tripulación. Equipamiento de seguridad. EPIS.

El Equipamiento de Protección general e Individual (EPI) para ser utilizadas cuando se tengan que tomar medidas de emergencia generales o que comporten riesgos particulares que toda unidad de transporte debe llevar a bordo según la normativa ADR es el siguiente:

- un calzo por vehículo, de dimensiones apropiadas para la masa máxima del vehículo y el diámetro de las ruedas;
- dos señales de advertencia autoportantes;
- líquido para el lavado de los ojos; y para cada miembro de la tripulación del vehículo
- un chaleco o ropa fluorescente (semejante por ejemplo al descrito en la norma europea EN 471);
- aparato de iluminación portátil;
- un par de guantes protectores; y
- un equipo de protección ocular (por ejemplo gafas protectoras).

Equipamiento adicional requerido para ciertas clases:

- se deberá llevar una máscara de evacuación de emergencia por cada miembro de la tripulación a bordo del vehículo para las etiquetas de peligro números 2.3 ó 6.1.
- una pala. Sólo se requiere para las materias sólidas y líquidas con etiquetas de peligro números 3, 4.1, 4.3, 8 ó 9.
- un obturador de entrada al alcantarillado. Sólo se requiere para las materias sólidas y líquidas con etiquetas de peligro números 3, 4.1, 4.3, 8 ó 9.
- un recipiente colector. Sólo se requiere para las materias sólidas y líquidas con etiquetas de peligro números 3, 4.1, 4.3, 8 ó 9.



## VII.3.- Prevención de riesgos de incendios.

### VII.3.1.- Cabina

En el caso que la cabina no esté construida con materiales difícilmente inflamables, en la parte posterior de la cabina se deberá disponer una defensa metálica o de otro material apropiado, de una anchura igual a la de la cisterna. Todas las ventanas en la parte posterior de la cabina o de la defensa deberán cerrarse herméticamente, tener un vidrio de seguridad resistente al fuego y cercos ignífugos. Entre la cisterna y la cabina o la defensa, se deberá disponer un espacio libre mínimo de 15 cm.

### VII.3.2.- Depósitos de carburantes

Los depósitos de carburante para la alimentación del motor del vehículo deberán responder a las disposiciones siguientes:

- a) En caso de fugas, el carburante se deberá filtrar hasta el suelo sin entrar en contacto con las partes calientes del vehículo o de la carga;
- b) Los depósitos que contengan la gasolina deberán ir equipados con un dispositivo corta-llamas eficaz que se adapte a la boca de llenado o de un dispositivo que permita mantener la boca de llenado cerrada herméticamente.

### VII.3.3.- Motor

Los motores que arrastren los vehículos deberán ir equipados y estar ubicados de modo que se evite cualquier peligro para el cargamento a consecuencia de un recalentamiento o inflamación.

### VII.3.4.- Equipos de extinción de incendios

El cuadro siguiente indica las disposiciones mínimas para los extintores de incendio portátiles adaptados a las clases de inflamabilidad A, B y C, aplicables a las unidades de transporte que transporten mercancías peligrosas:

(1) Masa máxima admisible de la unidad de transporte	(2) Número mínimo de extintores	(3) Capacidad mínima total por unidad de transporte	(4) Extintor adaptado a un incendio en el compartimento motor o la cabina - al menos un extintor con una capacidad mínima de:	(5) Disposiciones relativas al/los extintor/es suplementarios - al menos un extintor con una capacidad mínima de:
≤ 3,5 toneladas	2	4 kg.	2 kg.	2 kg.
> 3,5 toneladas ≤ 7,5 toneladas	2	8 kg.	2 kg.	6 kg.
> 7,5 toneladas	2	12 kg.	2 kg.	6 kg.
La capacidad se entiende para un aparato conteniendo polvo (en el caso de otro agente extintor aceptable, la capacidad deberá ser equivalente)				

Tabla 16. Disposiciones mínimas para los extintores de incendio



## VII.4.- Placas y señalización

Ver apartado I.6.4.

## VII.5.- Dispositivos. Limitadores de velocidad

### VII.5.1.- Dispositivo de escape

El dispositivo de escape (incluyendo los tubos de escape) debe dirigirse o protegerse de modo que se evite cualquier peligro para el cargamento a causa de un recalentamiento o inflamación. Las partes del escape que se encuentren directamente debajo del depósito de carburante (diesel) se deberán hallar a una distancia mínima de 100 mm o estar protegidas por una pantalla térmica.

### VII.5.2.- Freno de resistencia del vehículo

Los vehículos equipados con un dispositivo de frenado de resistencia que emita temperaturas elevadas, situado detrás de la pared posterior de la cabina, deberán estar provistos de un aislamiento térmico entre el dispositivo y la cisterna o el cargamento, fijado de modo sólido y colocado de tal manera que permita evitar cualquier recalentamiento, aunque sea limitado, de la pared de la cisterna o el cargamento.

Además, este aislamiento deberá proteger al aparato contra las fugas o derrames, incluso accidentales, del producto transportado. Se considerará satisfactoria una protección que tenga, por ejemplo, una capota con pared doble.

### VII.5.3.- Dispositivo de limitación de velocidad

Ver apartado I.6.2.3.

VII.6.- Conexiones mecánicas/eléctricas. Enganche de remolque. Dispositivos de fijación. Puesta a tierra. Dispositivos de protección posterior del vehículo.

### VII.6.1.- Enganche del remolque

El dispositivo de enganche del remolque deberá ser conforme con el Reglamento ECE Nº55 o con la Directiva 94/20/CE, en su redacción modificada, conforme a las fechas de aplicación que allí se especifican. (Ver apartado I.6.1).

### VII.6.2.- Dispositivos de fijación

Los medios de fijación se deberán concebir para resistir las solicitaciones estáticas y dinámicas en condiciones normales de transporte, así como las tensiones mínimas tal como se define en el ADR (Ver apartado I.6.1).

### VII.6.3.- Puesta a tierra

Las cisternas metálicas o de material plástico reforzado con fibras de los vehículos cisterna FL, y los elementos de los vehículos batería deberán estar unidos al chasis del vehículo, al menos, por una buena conexión eléctrica. Se deberá evitar cualquier contacto metálico que pudiera originar una corrosión electroquímica. (Ver apartado I.6.3).

### VII.6.4.- Dispositivos de protección posterior del vehículo

La parte posterior del vehículo deberá estar dotada, en todo el ancho de la cisterna, de un parachoques suficientemente resistente a los impactos traseros. Entre la pared posterior de la cisterna y la parte posterior del parachoques, deberá existir una separación mínima de 100 mm (esta separación se medirá referenciada al punto más posterior o a los accesorios salientes en contacto con la materia transportada). Los vehículos con depósitos basculantes para el transporte de materias pulverulentas o granulares, y las cisternas de residuos que operan al vacío con depósito basculante y de descarga por detrás, no deberán estar provistos de parachoques, si los equipamientos posteriores de los depósitos disponen de un medio de protección que proteja los depósitos del mismo modo que un parachoques.

NOTA 1: Esta disposición no se aplicará a los vehículos utilizados para el transporte de mercancías peligrosas en contenedores cisterna, en cisternas portátiles o CGEM, por lo tanto en nuestro caso no son necesarias protecciones posteriores.

# VIII.-BIBLIOGRAFÍA

1. Acuerdo europeo sobre el Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera (ADR) 2013. [http://www.fomento.es/NR/rdonlyres/CB7C1589-6F16-4BF1-B66F-CDB7ECF124F9/118009/ADR\\_2013.pdf](http://www.fomento.es/NR/rdonlyres/CB7C1589-6F16-4BF1-B66F-CDB7ECF124F9/118009/ADR_2013.pdf)
2. Normativa apartado I.2.
3. [https://www.carm.es/web/integra.servlets.Blob?ARCHIVO=MERCANCIAS%20PELIGROSAS%20PAGINA%20WEB.pdf&TABLA=ARCHIVOS&CAMPOCLAVE=IDARCHIVO&VALORCLAVE=83325&CAMPOIMAGEN=ARCHIVO&IDTIPO=60&RASTRO=c398\\$m15670,37350](https://www.carm.es/web/integra.servlets.Blob?ARCHIVO=MERCANCIAS%20PELIGROSAS%20PAGINA%20WEB.pdf&TABLA=ARCHIVOS&CAMPOCLAVE=IDARCHIVO&VALORCLAVE=83325&CAMPOIMAGEN=ARCHIVO&IDTIPO=60&RASTRO=c398$m15670,37350)
4. NTP 225: Electricidad estática en el trasvase de líquidos inflamables. Manuel Bestratén Belloví. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. Ministerio de trabajo y asuntos sociales España.
5. NTP 374: Electricidad estática: Carga y descarga de camiones cisterna (I). Bernardo Méndez Bernal. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. Ministerio de trabajo y asuntos sociales España.
6. NTP 375: Electricidad estática: Carga y descarga de camiones cisterna (II). Bernardo Méndez Bernal. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. Ministerio de trabajo y asuntos sociales España.
7. Manuel Ángel Gómez López. Mercancías peligrosas: cisternas. Etrasa 2005. ISBN: 84-961-0548-2
8. Manuel Ángel Gómez López. Mercancías peligrosas: curso básico. Etrasa 2005. ISBN: 97-884-961-0522-5
9. Ignacio Pascual Montoro Esteve. Carlos Ramos Lopez. FADE. Guía de contaminantes químicos para PYMES. Depósito legal: AS 2571 -2013
10. [http://bomberiles.com/miquelvalls/private/liquidoeninterior\\_1.htm](http://bomberiles.com/miquelvalls/private/liquidoeninterior_1.htm)
11. <http://ingemecanica.com/>
12. <http://www.carrozadosrojo.com/>
13. [http://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/Mercancias\\_procedimiento\\_renovacion.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/Mercancias_procedimiento_renovacion.pdf)[http://www.parcisa.com/Alimenticios--ATP--ADR es 4 11 1 3 3.html](http://www.parcisa.com/Alimenticios--ATP--ADR_es_4_11_1_3_3.html)
14. Desarrollo de un nuevo y ligero semirremolque cisterna basculante. Tomás Hernández. [http://www.feriazaragoza.es/Archivos/Descargas/Logis\\_Trailer/Presentaciones/Parcisa.pdf](http://www.feriazaragoza.es/Archivos/Descargas/Logis_Trailer/Presentaciones/Parcisa.pdf)
15. <http://customer.fortvale.com/catalogues/products.asp>
16. <http://customer.fortvale.com/catalogues/GeneralPurpose.pdf>
17. <http://customer.fortvale.com/catalogues/BallValveCatalogue.pdf>
18. [http://noticias.juridicas.com/base\\_datos/Admin/524301-rd-97-2014-de-14-feb-regulacion-de-las-operaciones-de-transporte-de-mercancias.html](http://noticias.juridicas.com/base_datos/Admin/524301-rd-97-2014-de-14-feb-regulacion-de-las-operaciones-de-transporte-de-mercancias.html)
19. <http://www.myonu.com/>
20. <http://www.cosmos.com.mx/wiki/4hr8/bebidas-alcoholicas>
21. <http://www.ecosmep.com/>

22. <http://www.cedinox.es/>
23. <http://www.acerinox.com/opencms803/export/sites/acerinox/.content/galerias/galeria-descargas/galeria-documentos-producto/ACX240.pdf>
24. [http://www.efunda.com/materials/alloys/stainless\\_steels/show\\_stainless.cfm?ID=AISI\\_Type\\_316L&show\\_prop=all&Page\\_Title=AISI%20Type%20316L](http://www.efunda.com/materials/alloys/stainless_steels/show_stainless.cfm?ID=AISI_Type_316L&show_prop=all&Page_Title=AISI%20Type%20316L)
25. <http://adr-es.wikispaces.com/>
26. <http://es.scribd.com/doc/8380525/Manual-Mecanica-Basica>
27. <http://www.tgclogistica.es/component/glossary/Biblioteca-Transporte-1/Q/Quinta-Rueda-6/>
28. <http://www.traficoadr.com/>
29. <http://www.todotest.com/manual/manual.asp?t=8&p=4>
30. <http://www.rubalingenieros.com/blog/index.php/vehiculos/calculo-de-la-estabilidad-lateral-y-longitudinal-de-un-vehiculo/>
31. <http://www.disfrutalasmatematicas.com/geometria/elipse-perimetro.html>
32. [http://es.wikipedia.org/wiki/Momento\\_resistente](http://es.wikipedia.org/wiki/Momento_resistente)
33. <http://www.forgatrans.net/equipamiento.html>
34. [http://www.vaxasoftware.com/doc\\_edu/qui/denh2o.pdf](http://www.vaxasoftware.com/doc_edu/qui/denh2o.pdf)
35. <http://www.electrostatica.net/sist.-puesta-tierra-electrostatica-camion-movil-mgv-c57-p521.html>
36. <http://www.opwftg.com/>

# ANEXO I

**CERTIFICADO DE CONFORMIDAD DE PRODUCCIÓN DEL  
SEMIRREMOLQUE**

Certificado N<sup>o</sup>: / Certificate N<sup>o</sup>: **C1 10331201**

## CERTIFICADO CONFORMIDAD PRODUCCIÓN CONFORMITY PRODUCTION CERTIFICATE

El presente certificado garantiza que los métodos de control de la conformidad de la producción aplicados por:

*The following certificate ensures that conformity of production control methods applied by:*

**SEMIREMOLQUES ROJO, S.L.**

Para / For:

La fabricación de:

N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>, N<sub>3</sub>, O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, O<sub>4</sub>: COMPLETADO; O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, O<sub>4</sub>: COMPLETO; O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, O<sub>4</sub>: INCOMPLETO

Manufacturing of:

N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>, N<sub>3</sub>, O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, O<sub>4</sub>: COMPLETED; O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, O<sub>4</sub>: COMPLETE; O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, O<sub>4</sub>: INCOMPLETE

En las instalaciones:

- Ctra. Nacional 1, Km. 150, 09460 - Milagros, BURGOS (ESPAÑA)

In the facilities:

CUMPLE con:

Anexo X de la Directiva 2007/46/CE y Apéndice 2 del acuerdo E/ECE/324-E/ECE/TRANS/505/Rev 2

FULFILLS with:

Annex X of the Directive 2007/46/EC and Appendix 2 of the Agreement E/ECE/324-E/ECE/TRANS/505/Rev 2

El certificado se emite como consecuencia del expediente **10331201**, correspondiente a la auditoría realizada el 12 de abril de 2012, válido para los números de homologación concedidos por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

*The certificate is issued as a result of the 10331201 file, relevant to the audit carried out the 12 of April 2012, valid for the approval numbers granted by the Ministry of Industry, Energy and Tourism.*

Fecha 1<sup>a</sup> emisión: / 1<sup>st</sup> Issue Date: 26.05.2009 / 2009.05.26

Válido hasta: / Valid until: 26.05.2013 / 2013.05.26



**D. Antonio Muñoz Muñoz**  
Subdirector General de Calidad  
y Seguridad Industrial  
Deputy Director for Quality  
and Industrial Safety



**D. José Mª Martínez-Val Peñalosa**  
Director F<sup>2</sup>I<sup>2</sup>

Fecha: / Date: 23 de julio de 2012 / July 23, 2012

La Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial ha sido designada por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo para la realización de inspecciones de verificación, conformidad de la producción y verificación continua para la homologación de vehículos a motor y sus componentes mediante Resolución de fecha 11 de abril de 2007. / The Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial has been designated by the Ministry of Industry, Energy and Tourism for verification of approval subject, conformity of production and continued verification arrangements for the homologation of motor vehicles and its components through the Resolution of date April 11, 2007.

Figura 47. Certificado de conformidad de producción de SEMIREMOLQUES ROJO S.L.